

Pharo par l'Exemple

Édition Omnibus

Alexandre Bergel Andrew Black Stéphane Ducasse
Oscar Nierstrasz Damien Pollet

avec l'aide de Damien Cassou et Marcus Denker

Traduit en français par :

A VENIR

Version du 12 septembre 2009

Ce livre est disponible en libre téléchargement depuis <http://pharo-project.org/PharoParLExemple> sous le titre *Pharo par l'exemple*, ISBN XXX-X-XXXXXXX-X-X. La première édition spéciale Omnibus a été publiée en Décembre 2009. Couverture par Samuel Morello. Vous pouvez vous procurer une copie à l'adresse : <http://pharo-project.org/PharoParLExemple>.

Copyright © 2007, 2008, 2009 by Alexandre Bergel, Andrew P. Black, Stéphane Ducasse, Oscar Nierstrasz and Damien Pollet.

Le contenu de ce livre est protégé par la licence Creative Commons Paternité Version 3.0 de la licence générique - Partage des Conditions Initiales à l'Identique.

Vous êtes libres :

- de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public
- de modifier cette création

Selon les conditions suivantes :

Paternité. Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'œuvre).

Partage des Conditions Initiales à l'Identique. Si vous transformez ou modifiez cette œuvre pour en créer une nouvelle, vous devez la distribuer selon les termes du même contrat ou avec une licence similaire ou compatible.

- À chaque réutilisation ou distribution de cette création, vous devez faire apparaître clairement au public les conditions contractuelles de sa mise à disposition. La meilleure manière de les indiquer est un lien vers cette page web :
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.fr>
- Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits sur cette œuvre.
- Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur ou des auteurs.



Ce qui précède n'affecte en rien vos droits en tant qu'utilisateur (exceptions au droit d'auteur : copies réservées à l'usage privé du copiste, courtes citations, parodie, ...). Ceci est le Résumé Explicatif du Code Juridique (la version intégrale du contrat) :

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

Table des matières

Préface	xi
Préface à l'Édition Omnibus	xv
I Comment démarrer	
1 Une visite de Pharo	3
1.1 Premiers pas.	3
1.2 Le menu World.	8
1.3 Enregistrer, quitter et redémarrer une session Pharo.	9
1.4 Les fenêtres Workspace et Transcript	12
1.5 Les raccourcis-clavier	14
1.6 SqueakMap	16
1.7 Le System Browser	18
1.8 Trouver les classes	20
1.9 Trouver les méthodes	22
1.10 Définir une nouvelle méthode	24
1.11 Résumé du chapitre	29
2 Une première application	31
2.1 Le jeu de Quinto	31
2.2 Créer une nouvelle catégorie de classe	32
2.3 Définir la classe SBECell	32
2.4 Ajouter des méthodes à la classe	35
2.5 Inspecter un objet	36

2.6	Définir la classe SBEGame	37
2.7	Organiser les méthodes en protocoles	41
2.8	Essayons notre code	45
2.9	Sauvegarder et partager le code Smalltalk	48
2.10	Résumé du chapitre	52
3	Un résumé de la syntaxe	55
3.1	Les éléments syntaxiques	55
3.2	Les pseudo-variables	58
3.3	Les envois de messages.	59
3.4	Syntaxe relative aux méthodes	60
3.5	La syntaxe des blocs	61
3.6	Conditions et itérations.	63
3.7	Primitives et Pragmas	65
3.8	Résumé du chapitre	66
4	Comprendre la syntaxe des messages	67
4.1	Identifier les messages	67
4.2	Trois sortes de messages	69
4.3	Composition de messages	71
4.4	Quelques astuces pour identifier les messages à mots-clés	78
4.5	Séquences d'expression.	80
4.6	Cascades de messages	80
4.7	Résumé du chapitre	81
II	Développer avec Pharo	
5	Le modèle objet de Smalltalk	85
5.1	Les règles du modèle	85
5.2	Tout est objet	86
5.3	Tout objet est instance de classe	86
5.4	Toute classe a une super-classe	94
5.5	Tout se passe par envoi de messages	98
5.6	La recherche de méthode suit la chaîne d'héritage	100
5.7	Les variables partagées	106

5.8	Résumé du chapitre	112
6	L'environnement de programmation de Pharo	113
6.1	Une vue générale	114
6.2	Le Browser	115
6.3	Monticello	129
6.4	L'inspecteur Inspector et l'explorateur Explorer	137
6.5	Debugger, le débogueur	140
6.6	Le navigateur de processus	150
6.7	Trouver les méthodes	151
6.8	Change set et son gestionnaire Change Sorter	152
6.9	Le navigateur de fichiers File List Browser	155
6.10	En Smalltalk, pas de perte de codes	157
6.11	Résumé du chapitre	159
7	SUnit	161
7.1	Introduction	161
7.2	Pourquoi tester est important	162
7.3	De quoi est fait un bon test ?	163
7.4	SUnit par l'exemple	164
7.5	Les recettes pour SUnit	169
7.6	L'environnement SUnit	170
7.7	Caractéristiques avancées de SUnit	173
7.8	La mise en œuvre de SUnit	174
7.9	Quelques conseils sur les tests	178
7.10	Résumé du chapitre	179
8	Les classes de base	181
8.1	Object	181
8.2	Les nombres	191
8.3	Les caractères	194
8.4	Les chaînes de caractères	195
8.5	Les booléens	197
8.6	Résumé du chapitre	199

9	Les collections	201
9.1	Introduction	201
9.2	Des collections très variées	202
9.3	Les implémentations des collections	205
9.4	Exemples de classes importantes	206
9.5	Les collections itératrices ou iterators.	217
9.6	Astuces pour tirer profit des collections	221
9.7	Résumé du chapitre	222
10	Stream : les flux de données	225
10.1	Deux séquences d'éléments	225
10.2	Streams contre Collections.	226
10.3	Utiliser les streams avec les collections	227
10.4	Utiliser les streams pour accéder aux fichiers	235
10.5	Résumé du chapitre	238
11	L'interface Morphic	241
11.1	Première immersion dans Morphic	241
11.2	Manipuler les morphs	245
11.3	Composer des morphs	246
11.4	Dessiner ses propres morphs.	247
11.5	Intéraction et animation	251
11.6	Le glisser-déposer.	255
11.7	Le jeu du dé	258
11.8	Gros plan sur le canevas	263
11.9	Résumé du chapitre	264
III	Pharo avancé	
12	Classes et métaclasses	269
12.1	Les règles pour les classes et les métaclasses	269
12.2	Retour sur le modèle objet de Smalltalk	270
12.3	Toute classe est une instance d'une métaclass	272
12.4	La hiérarchie des métaclasses est parallèle à celle des classes .	273
12.5	Toute métaclass hérite de Class et de Behavior	275

12.6	Toute métaclass est une instance de Metaclass	278
12.7	La métaclass de Metaclass est une instance de Metaclass	279
12.8	Résumé du chapitre	280

IV Développement Logiciel

13	Organiser votre code avec Monticello	285
13.1	Premier pas	286
13.2	Explorer les dépôts de Monticello	299
13.3	Sujets avancés	302
13.4	Les variétés de dépôts	309
13.5	Le format de fichiers .mcz	313
13.6	Résumé du chapitre	314

V Les Bibliothèques

14	Seaside par l'exemple	319
14.1	Why do we need Seaside ?	319
14.2	Getting started	320
14.3	Seaside components	324
14.4	Rendering XHTML	328
14.5	CSS : Cascading style sheets	334
14.6	Managing control flow	336
14.7	A complete tutorial example	343
14.8	A quick look at AJAX	349
14.9	Chapter summary.	352

15	Les expressions régulières dans Pharo	355
15.1	Tutorial example—generating a site map	356
15.2	Regex syntax	363
15.3	Regex API	369
15.4	Implementation Notes by Vassili Bykov	375
15.5	Chapter Summary	375

VI Plus de détails

16	Les exceptions	379
16.1	Ensuring execution	380
16.2	Handling non-local returns	381
16.3	Exception handlers	382
16.4	Error codes — don't do this!	383
16.5	Specifying which Exceptions will be Handled.	385
16.6	Signaling an exception	386
16.7	How breakpoints are Implemented	388
16.8	How handlers are found	389
16.9	Handling exceptions.	391
16.10	Resuming execution	393
16.11	Passing exceptions on	396
16.12	Resending exceptions	398
16.13	Comparing outer with pass	399
16.14	Catching sets of exceptions	399
16.15	How exceptions are implemented	400
16.16	Other kinds of Exception	403
16.17	When not to use Exceptions	405
16.18	Chapter Summary	406
17	La réflexivité	409
17.1	Introspection	410
17.2	Browsing code	414
17.3	Classes, method dictionaries and methods	416
17.4	Browsing environments	418
17.5	Accessing the run-time context	420
17.6	Intercepting messages not understood	423
17.7	Objects as method wrappers	427
17.8	Pragmas	430
17.9	Chapter summary.	431

VII Annexes

A	Foire Aux Questions	435
A.1	Prémices	435
A.2	Collections	435
A.3	Naviguer dans le système	436
A.4	Utilisation de Monticello et de SqueakSource	438
A.5	Outils	439
A.6	Expressions régulières et analyse grammaticale	440
	Bibliographie	441
	Index	443

Préface

Qu'est ce que Pharo ?

Pharo est une implémentation moderne, libre et complète du langage de programmation Smalltalk et de son environnement. Pharo est dérivé de Squeak¹, une ré-programmation du classique système Smalltalk-80. Alors que Squeak fut développé principalement en tant que plateforme pour le développement de logiciels éducatifs expérimentaux, Pharo tend à offrir une plateforme, à la fois, *open-source* et épurée pour le développement de logiciels professionnels et aussi, stable et robuste pour la recherche et le développement dans le domaine des langages et environnement dynamiques. Pharo est le système de référence de la bibliothèque de développement web Seaside.

Pharo résout les problèmes de licence inérrant à Squeak. Contrairement aux versions précédentes de Squeak, le noyau de Pharo ne contient que du code sous licence MIT. Le projet Pharo a débuté en mars 2008 depuis un *fork*² de Squeak 3.9 et la première version 1.0 *beta* a été publiée le 31 juillet 2009.

Bien que dépourvu de nombreux paquetages présents dans Squeak, Pharo est fourni avec beaucoup de fonctionnalités optionnelles dans Squeak. Par exemple, les fontes TrueType sont inclus dans Pharo. Pharo dispose aussi du support pour de véritables fermetures lexicales ou *block closures*. Les éléments d'interface utilisateurs ont été revus et simplifiés.

Pharo est extrêmement portable — même sa machine virtuelle est entièrement écrite en Smalltalk, ce qui facilite son débogage, son analyse et les modifications à venir. Pharo est le véhicule de tout un ensemble de projets innovants, des applications multimédias et éducatives aux environnements de développement pour le web. Il est important de préciser le fait suivant

1. Dan Ingalls *et al.*, Back to the Future : The Story of Squeak, a Practical Smalltalk Written in Itself. dans Proceedings of the 12th ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications (OOPSLA'97). ACM Press, novembre 1997 (URL: <http://www.cosc.canterbury.ac.nz/~wolfgang/cosc205/squeak.html>).

2. Embranchement à partir duquel le code d'un logiciel sert de base à un nouveau produit.

concernant Pharo : Pharo ne devrait pas être qu'une simple copie du passé mais véritablement une *réinvention* de Smalltalk. Les approches en *big bang* fonctionnent rarement. Pharo encourage les changements évolutifs et incrémentaux. Nous voulons être capable d'expérimenter via les nouvelles fonctionnalités et autre bibliothèques. Par *évolution*, nous disons que Pharo tolèrent les erreurs et n'a pas pour objectif de devenir la prochaine solution de rêve d'un bond — même si nous le désirons. Pharo favorisera de multiples évolutions. Le succès de Pharo dépend des contributions de sa communauté.

Qui devrait lire ce livre ?

Ce livre est basé sur *Squeak Par l'Exemple*³, une introduction à Squeak éditée en *open-source*. Il a néanmoins été librement adapté pour refléter les différences entre Pharo et Squeak. Ce livre présente différents aspects de Pharo, en commençant par les concepts de base et en poursuivant vers des sujets plus avancés.

Ce livre ne vous apprendra pas à programmer. Le lecteur doit avoir quelques notions concernant les langages de programmation. Quelques connaissances sur la programmation objet seront utiles.

Ce livre introduit l'environnement de programmation, le langage et les outils de Pharo. Vous serez confronté à de nombreuses bonnes pratiques de Smalltalk, mais l'accent sera mis plus particulièrement sur les aspects techniques et non sur la conception orientée objet. Nous vous présenterons, autant que possible, une foule d'exemples (nous avons été inspiré par l'excellent livre de Alec Sharp sur Smalltalk⁴).

Il y a plusieurs autres livres sur Smalltalk disponibles gratuitement sur le web mais aucun d'entre eux ne se concentrent sur Pharo. Voyez par exemple : <http://stephane.ducasse.free.fr/FreeBooks.html>

Un petit conseil

Ne soyez pas frustré par des éléments de Smalltalk que vous ne comprenez pas immédiatement. Vous n'avez pas tout à connaître ! Alan Knight exprime ce principe comme suit⁵ :

3. <http://SqueakByExample.org/fr>; traduction française de Squeak By Example (<http://SqueakByExample.org>).

4. Alec Sharp, *Smalltalk by Example*. McGraw-Hill, 1997 (URL: <http://stephane.ducasse.free.fr/FreeBooks/ByExample/>).

5. <http://www.surfscranton.com/architecture/KnightsPrinciples.htm>

Ne vous en préoccuez pas !* Les développeurs Smalltalk débutants ont souvent beaucoup de difficultés car ils pensent qu'il est nécessaire de connaître tous les détails d'une chose avant de l'utiliser. Cela signifie qu'il leur faut un moment avant de maîtriser un simple : Transcript show: 'Hello World'. Une des grandes avancées de la programmation par objets est de pouvoir répondre à la question "Comment ceci marche ?" avec "Je ne m'en préoccupe pas".

*. Dans sa version originale : "Try not to care".

Un livre ouvert

Ce livre est ouvert dans plusieurs sens :

- Le contenu de ce livre est diffusé sous la licence Creative Commons Paternité - Partage des Conditions Initiales à l'Identique. En résumé, vous êtes autorisé à partager librement et à adapter ce livre, tant que vous respectez les conditions de la licence disponible à l'adresse suivante : <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.
- Ce livre décrit simplement les concepts de base de Pharo. Idéalement, nous voulons encourager de nouvelles personnes à contribuer à des chapitres sur des parties de Pharo qui ne sont pas encore décrites. Si vous voulez participer à ce travail, merci de nous contacter. Nous voulons voir ce livre se développer !

Plus de détails concernant ce livre sont disponibles sur le site web <http://pharo-project.org/PharoParLExemple>.

La communauté Pharo

La communauté Pharo est amicale et active. Voici une courte liste de ressources que vous pourrez trouver utiles :

- <http://www.pharo-project.org> est le site web principale de Pharo.
- <http://www.squeaksource.com> : SqueakSource est l'équivalent de SourceForge pour les projets Pharo. De nombreux paquetages optionnels se trouvent ici.

Exemples et exercices

Nous utilisons deux conventions typographiques dans ce livre.

Nous avons essayé de fournir autant d'exemples que possible. Il y a notamment plusieurs exemples avec des fragments de code qui peuvent être évalués. Nous utilisons le symbole → afin d'indiquer le résultat qui peut être obtenu en sélectionnant l'expression et en utilisant l'option print it du menu contextuel :

3 + 4 → 7 "Si vous sélectionnez 3+4 et 'print it', 7 s'affichera"

Si vous voulez découvrir Pharo en vous amusant avec ces morceaux de code, sachez que vous pouvez charger un fichier texte avec la totalité des codes d'exemple via le site web du livre : <http://pharo-project.org/PharoParLExemple>.

La deuxième convention que nous utilisons est l'icône ⓘ pour vous indiquer que vous avez quelque chose à faire :

ⓘ Avancez et lisez le prochain chapitre !

Remerciements pour l'édition anglaise

Nous voulons remercier Hilaire Fernandes et Serge Stinckwich qui nous ont autorisé à traduire des parties de leurs articles sur Smalltalk et Damien Cassou pour sa contribution au chapitre sur les flots de données ou *streams*.

Nous remercions particulièrement Alexandre Bergel, Orla Greevy, Fabrizio Perin, Lukas Renggli et Jorge Ressia pour leurs corrections détaillées de plusieurs chapitres de l'édition originale.

Nous remercions l'Université de Berne en Suisse pour le soutien gracieusement offert à cette entreprise *Open Source* et pour les facilités d'hébergement web de ce livre.

Nous remercions aussi la communauté Squeak pour leur soutien et leur enthousiasme sur ce projet et pour leur communication quant à l'aide à la correction de la première édition de la version originale de ce livre.

Remerciements pour l'édition française

L'édition française de ce livre a été réalisée par l'équipe de traducteurs et de relecteurs suivantes : [A VENIR](#).

Préface à l'Édition Omnibus

Cette édition spéciale de *Pharo par l'Exemple* comprend de nombreux chapitres sur des sujets plus avancés dont l'édition pour un second volume est prévue pour la fin de l'année 2009 ou le début de l'année 2010. Cette édition a été spécialement préparée pour le *Masters course* intitulé *Dynamic Object-Oriented Programming with Smalltalk*⁶ donné à l'Université de Berne au second semestre 2009. Les chapitres complémentaires couvrent des sujets tels que le système de dépôt pour le versionage de projets Smalltalk partagés sur le web nommé Monticello, l'environnement de développement web avancé Seaside, les expressions régulières (*Regex*) en Smalltalk, le framework Omnibrowser destiné aux développements de navigateurs (*browsers*), la gestion des exceptions en Smalltalk ainsi que le support de l'introspection et de la réfléctivité en Smalltalk.

Remerciements

Nous remercions Vassili Bykov pour sa permission d'adapter librement la documentation *Regex* dans le chapitre sur les expressions régulières en Smalltalk.

Nous tenons à remercier aussi Orla Greevy, Fabrizio Perin, Lukas Renggli, Jorge Ressia, et David Roethlisberger pour leurs corrections détaillées sur ce matériel additionnel ainsi que Frederica Nierstrasz pour sa contribution artistique à la couverture.

6. <http://scg.unibe.ch/teaching/smalltalk>

Première partie

Comment démarrer

Chapitre 1

Une visite de Pharo

À CORRIGER! MARTIAL: LE RESTE DU TEXTE EST ENCORE DU SBE

Nous vous proposons dans ce chapitre une première visite de Pharo afin de vous familiariser avec son environnement. De nombreux aspects seront abordés ; il est conseillé d'avoir une machine prête à l'emploi pour suivre ce chapitre.

Cette icône  dans le texte signalera les étapes où vous devrez essayer quelque chose vous-même. Vous apprendrez à lancer Pharo et les différentes manières d'utiliser l'environnement et les outils de base. La création des méthodes, des objets et les envois de messages seront également abordés.

1.1 Premiers pas

Pharo est librement disponible depuis le site principal de Pharo : www.squeak.org. Vous devez y télécharger 3 archives (pour 4 fichiers principaux qui constituent une installation courante de Pharo ; voir la figure 1.1)



FIGURE 1.1 – Téléchargement de Pharo.

1. La *machine virtuelle* (abrégée en VM pour *virtual machine*) est la seule partie de l'environnement qui est particulière à chaque système d'exploitation. Des machines virtuelles pré-compilées sont disponibles pour

la plupart des systèmes (Linux, Mac OS X, Win32). Dans la figure 1.1, vous avez par exemple l’icône de la machine virtuelle pour le système Mac OS X : *Squeak 3.8.15beta1U.app*.

2. Le fichier *source* contient le code source du système Pharo. Ce fichier ne change pas très fréquemment. Dans la figure 1.1, il correspond au fichier *SqueakV39.sources*. Le fichier-source *SqueakV39.sources* n’est destiné qu’aux versions 3.9 ou supérieures de Squeak. Pour des versions antérieures, vous devez utiliser un fichier-source *SqueakV3.sources* pour toutes les versions de Squeak entre 3.0 et 3.8.
3. Le *système image* est un cliché d’un système en fonctionnement, figé à un instant donné. Il est composé de deux fichiers : le premier nommé avec l’extension *.image* contient l’état de tous les objets du système dont les classes et les méthodes (qui sont aussi des objets). Le second avec l’extension *.changes* contient le journal de toutes les modifications apportées au code source du système (contenu dans le fichier *source*).

Téléchargez et installez Pharo sur votre ordinateur.

Dans ce livre, nous avons utilisé la version *Squeak-dev* de Pharo pour développer tous les exemples. Cette image est disponible sur <http://www.squeaksource.com/ImageForDevelopers>. Elle contient une large collection d’outils de développement et permet d’installer très facilement des paquetages complémentaires. Si vous avez déjà une autre version de Pharo qui fonctionne sur votre machine, la plupart des exemples d’introduction de ce livre fonctionneront. Il n’est donc pas nécessaire de mettre à jour Pharo. Dès lors, ne soyez pas surpris de constater parfois des différences dans l’apparence ou le comportement que nous décrirons. D’un autre côté, si vous téléchargez Pharo pour la première fois, vous devriez rapatrier et utiliser l’image *Squeak-dev*.

Pendant que vous travaillez avec Pharo les fichiers *.image* et *.changes* sont modifiés, vous devez vous assurer qu’ils sont accessibles en écriture. Conservez toujours ces deux fichiers ensemble, *c-à-d.* dans le même dossier. Et surtout, ne tentez pas de les modifier avec un éditeur de texte, Pharo les utilise pour stocker vos objets de travail et vos changements dans le code source. Faire une copie de sauvegarde de vos images téléchargées et de vos fichiers *changes* est une bonne idée ; vous pourrez ainsi toujours démarrer à partir d’une image propre et y recharger votre code.

Les fichiers *sources* et l’exécutable de la VM peuvent être en lecture seule — il est donc possible de les partager entre plusieurs utilisateurs. Ces quatre fichiers peuvent résider dans le même dossier, mais vous pouvez également placer la machine virtuelle et les fichiers sources dans un dossier partagé distinct. Vous pouvez adapter l’installation de Pharo à vos habitudes de travail et à votre système d’exploitation.

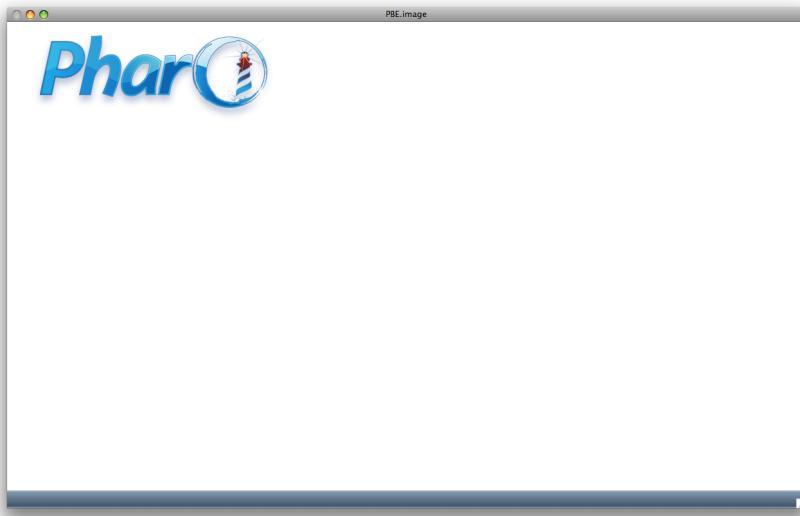


FIGURE 1.2 – Une image Pharo fraîchement démarrée.

Lancement. Pour lancer Pharo, selon votre système : glissez le fichier *.image* sur l’icône de l’exécutable de la machine virtuelle, ou double-cliquez sur le fichier *.image*, ou encore, depuis une ligne de commande, tapez le nom du fichier binaire correspondant à la machine virtuelle suivi du chemin d’accès au fichier *.image* (si vous avez installé plusieurs machines virtuelles, le système ne choisira pas forcément celle qui convient, il sera préférable de glisser-déposer l’image sur la VM ou d’utiliser la ligne de commande).

Une fois lancé, Pharo vous présente une large fenêtre qui contient des espaces de travail nommés *Workspace* (voir la figure 1.2). Notez qu’il n’y a pas de barre de menu ; Pharo la remplace par des menus contextuels.

❶ Lancez Pharo. Vous pouvez fermer les fenêtres déjà ouvertes en cliquant sur l’icône X situé sur le coin supérieur gauche des fenêtres ou les ranger (ce qui normalement les réduit à leur barre de titre) en cliquant sur le symbole O au coin supérieur droit.

Première interaction. Les options du menu World (“Monde” en anglais) présentées dans la figure 1.3(a) sont un bon point de départ.

❷ Cliquez à l’aide de la souris dans l’arrière plan de la fenêtre principale pour afficher le menu *World*, puis sélectionnez `open... > workspace` pour créer un nouvel espace de travail ou *Workspace*.

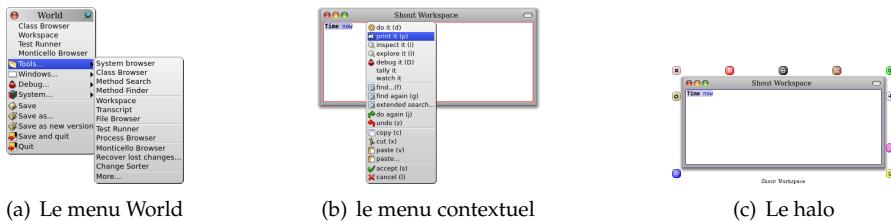


FIGURE 1.3 – Le menu World (affiché avec le bouton rouge de la souris), un menu contextuel (bouton jaune de la souris) et un halo Morphic (bouton bleu de la souris).

Pharo a été conçu à l'origine pour être utilisé avec une souris à trois boutons. Si votre souris en a moins, vous pourrez utiliser des touches du clavier en complément de la souris pour simuler les boutons manquants. Une souris à deux boutons fonctionne bien avec Pharo, mais si la vôtre n'a qu'un seul bouton vous devriez songer à adopter un modèle récent avec une molette qui fera office de troisième bouton : votre travail avec Pharo n'en sera que plus agréable.

Pharo évite les termes “clic gauche” ou “clic droit” car leurs effets peuvent varier selon les systèmes, le matériel ou les réglages utilisateur. Pharo désigne les boutons avec des couleurs. Le bouton avec lequel vous obtenez le menu World est intitulé le *bouton rouge* ; il est employé le plus souvent pour sélectionner du texte, des éléments de listes ou des choix de menus et pour déplacer des fenêtres.

Lors de vos premiers pas avec Pharo, il vous sera sûrement utile de marquer votre souris avec des couleurs, comme vous pouvez le voir sur la figure 1.4.

Le *bouton jaune* est l'autre bouton le plus employé dans Pharo, vous l'utiliserez pour afficher les menus contextuels qui présentent des options selon le contexte ou plus précisement selon l'endroit et les objets sur lesquels vous cliquez. Voyez la figure 1.3 (b).

 *Saisissez Time now (expression retournant l'heure actuelle) dans le Workspace. Puis cliquez avec le bouton jaune dans le Workspace et sélectionnez print it (en français, "affichez-le") dans le menu qui apparaît.*

Enfin, le *bouton bleu* est utilisé pour activer le "halo", une constellation d'icônes autour de l'objet actif de l'écran ; chaque icône représentant une poignée de contrôle permettant des actions telles que *changer la taille* ou *faire pivoter l'objet*, comme le montre la figure 1.3 (c). En survolant lentement les poignées avec le pointeur de votre souris, une bulle d'aide en affichera un descriptif (en anglais, dans la version d'origine de Pharo).

 *Cliquez avec le bouton bleu sur le Workspace. Déplacez la poignée ☰ située à proximité du coin inférieur gauche pour faire pivoter le Workspace.*

Nous recommandons aux droitiers de configurer leur souris et d'affecter le bouton rouge à la gauche de leur souris, le bouton jaune à droite et d'utiliser la molette de défilement (si elle est disponible) comme bouton bleu. Avec une souris sans molette il est possible d'invoquer le menu halo en maintenant alt, ctrl ou option pendant que vous cliquez sur le bouton rouge. Si vous utilisez un Macintosh avec une souris à un bouton, vous pouvez simuler le second bouton en maintenant la touche ⌘ enfoncee et en cliquant. Cependant, si vous prévoyez d'utiliser Pharo souvent, nous vous recommandons d'investir dans un modèle à deux boutons au minimum.

Vous pouvez configurer votre souris selon vos souhaits en utilisant les préférences de votre système ou le pilote de votre dispositif de pointage. Pharo vous propose des réglages pour adapter votre souris et les touches spéciales de votre clavier. Vous trouverez le Preference Browser dans l'option open... du menu World. Dans l'outil de réglage des préférences nommé Preference Browser, la catégorie general contient une option swapMouseButtons qui permute les boutons jaune et bleu (voir la figure 1.5). La catégorie keyboard (clavier) propose des options afin de dupliquer les touches de commandes et rendre une pression sur alt équivalente à une pression sur ctrl.

 *Ouvrez le Preference Browser en cliquant avec le bouton rouge dans l'arrière-*



FIGURE 1.4 – La souris de l'auteur. Le clic avec la molette correspond au bouton bleu.

plan de la fenêtre de Pharo et cherchez l'option `swapMouseButtons` en utilisant la zone de recherche.

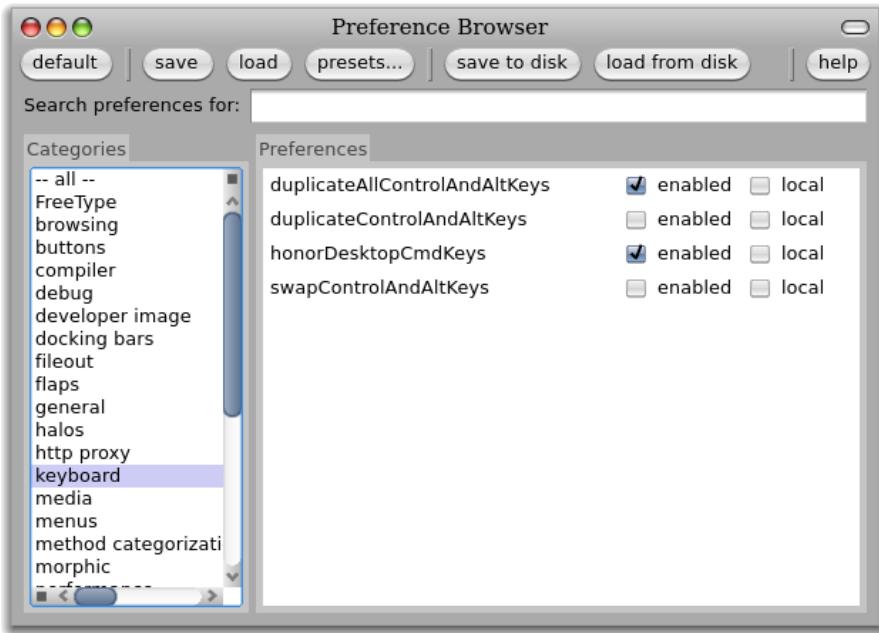


FIGURE 1.5 – Le Preference Browser.

1.2 Le menu World

Cliquez avec le bouton rouge dans l'arrière plan de Pharo.

Le menu `World` apparaît à nouveau. La plupart des menus de Pharo ne sont pas modaux ; ils ne bloquent pas le système dans l'attente d'une réponse. Avec Pharo vous pouvez maintenir ces menus sur l'écran en cliquant sur l'icône en forme d'épingle au coin supérieur droit. Essayez ! Vous remarquerez que les menus apparaissent quand vous cliquez mais ne disparaissent pas quand vous relâchez votre bouton, ils restent visibles jusqu'à que vous ayez fait une sélection ou que vous ayez cliqué en dehors du menu. Tous les menus affichés à l'écran peuvent se déplacer en glissant leur barre de titre, comme n'importe quelle fenêtre.

Le menu `World` vous offre un moyen simple d'accéder à la plupart des outils disponibles dans Pharo.

Étudiez attentivement le menu `world>open...`.

Vous y trouverez une liste des principaux outils de Pharo dont le System Browser (l'un des nombreux navigateurs de classes) et l'espace de travail Workspace. Nous aurons affaire à eux dans les prochains chapitres.

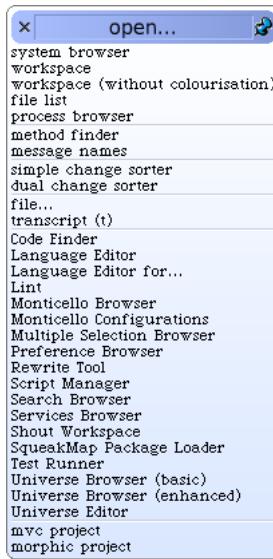


FIGURE 1.6 – L'option `open...` dans le menu World.

1.3 Enregistrer, quitter et redémarrer une session Pharo.

Affichez le menu `World`, puis sélectionnez `new morph...` et défilez dans le nouveau menu flottant "Add a new morph" (ajouter un nouveau morph) jusqu'à `from alphabetical list > A-C > BlobMorph`. Vous avez maintenant un blob "dans la main". Positionnez-le où vous le souhaitez (en cliquant avec le bouton rouge). Votre forme Morphic s'anima.

Sélectionnez `World > save as...` et entrez le nom "PBE", puis cliquez sur le bouton `Accept(s)` pour sauvegarder sous un nouveau nom d'image. Pour quitter, sélectionnez `World > save and quit`.

Le dossier qui contenait les fichiers `image` et `changes` lorsque vous avez lancé cette session de travail avec Pharo contient désormais deux nouveaux fichiers : "PBE.image" et "PBE.changes". Ils représentent l'image "vivante" de votre session Pharo au moment qui précédait votre enregistrement avec

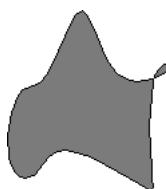


FIGURE 1.7 – Une instance d'un Blob Morph.

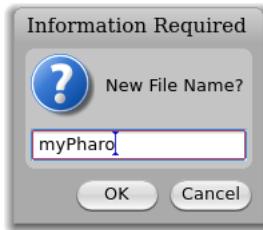


FIGURE 1.8 – La boîte de dialogue save as....

save and quit. Ces deux fichiers peuvent être copiés à votre convenance dans les dossiers de votre disque pour y être utilisés plus tard. À vous de les invoquer en prenant soin (selon votre système de fichiers) de déplacer, copier ou lier le fichier *.source* correspondant, tout en veillant à exécuter la bonne machine virtuelle.

 Lancez Pharo avec l'image que vous venez de créer c-à-d. le fichier "PBE.image".

Vous retrouvez l'état de votre session exactement tel qu'il était avant que vous quittiez Pharo. Le *blob* est toujours sur votre fenêtre de travail, en train de se déplacer d'où vous l'aviez abandonné.

En lançant pour la première fois Pharo, la machine virtuelle charge le fichier *image* que vous spécifiez. Ce fichier contient l'instantané d'un grand nombre d'objets et surtout le code pré-existant accompagné des outils de développement qui sont d'ailleurs des objets comme les autres. En travaillant dans Pharo, vous allez envoyer des messages à ces objets, en créer de nouveaux, et certains seront supprimés et l'espace-mémoire utilisé sera récupéré (c-à-d. passé au ramasse-miettes ou *garbage collector*).

En quittant Pharo vous sauvegardez un instantané de tous vos objets. En sauvegardant (par "save"), vous remplacerez l'image courante par l'instantané de votre session. Pour préserver l'image courante, vous devez enregistrer sous un nouveau nom comme nous venons de le faire.

Chaque fichier *.image* est accompagné d'un fichier *.changes*. Ce fichier contient un journal de toutes les modifications que vous avez faites en utilisant l'environnement de développement. Vous n'avez pas à vous soucier de ce fichier la plupart du temps. Mais comme nous allons le voir plus tard, le fichier *.changes* pourra être utilisé pour rétablir votre système Pharo à la suite d'erreurs.

L'image sur laquelle vous travaillez provient d'une image de Smalltalk-80 créée à la fin des années 1970. Beaucoup des objets qu'elle contient sont là depuis des décennies !

Vous pourriez penser que l'utilisation d'une image est incontournable pour stocker et gérer des projets, mais comme nous le verrons bientôt il existe des outils plus adaptés pour gérer le code et travailler en équipe sur des projets. Les images sont très utiles mais nous considérons comme une pratique un peu dépassée et fragile pour diffuser et partager vos projets alors qu'il existe des outils tels que Monticello qui proposent de bien meilleurs moyens de suivre les évolutions du code et de le partager entre plusieurs développeurs.

❶ Cliquez avec le bouton bleu sur le blob

Vous verrez tout autour une collection d'icônes colorées nommée halo ; l'icône halo est aussi appelée *poignée*. Cliquez sur la poignée rose pâle qui contient une croix ; le *blob* disparaît (pour réussir cette manipulation, vous pourriez peut-être avoir besoin de faire plusieurs tentatives car le *blob* se déplace et peut fuir votre souris et vous empêcher de cliquer à l'endroit attendu).

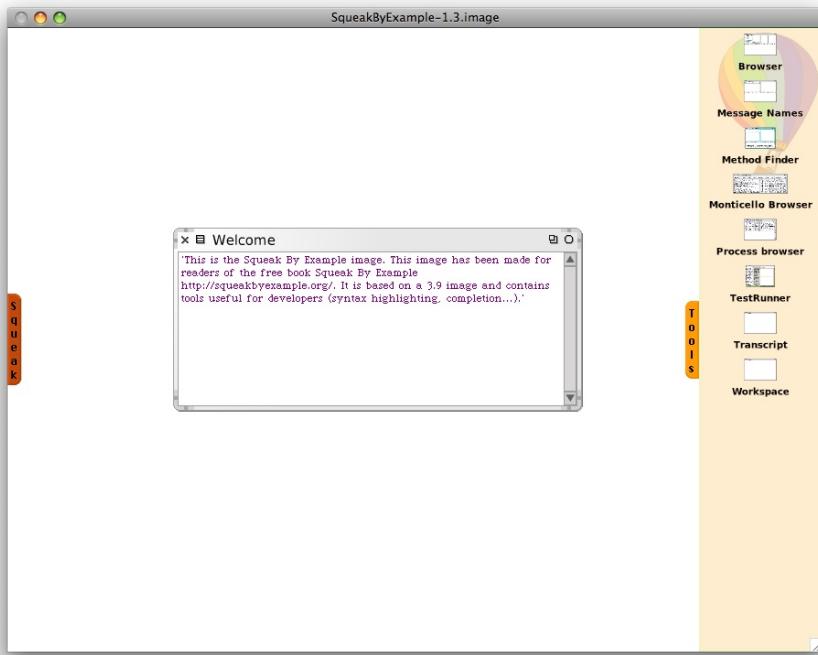


FIGURE 1.9 – L'onglet *Tools* dans Pharo.

1.4 Les fenêtres Workspace et Transcript

 Fermez toutes fenêtres actuellement ouvertes. Cliquez sur l'onglet **Tools** à la droite de la fenêtre principale de Pharo pour ouvrir le volet des outils (Tools Flap).

L'onglet s'élargira et présentera les icônes de certains outils importants de Pharo (voir la figure 1.9). Faites un glisser-déposer des icônes Transcript et Workspace.

 Positionnez et redimensionnez le Transcript et le Workspace pour que ce dernier recouvre le Transcript.

Vous pouvez redimensionner les fenêtres en glissant l'un de leurs coins ou en cliquant avec le bouton bleu qui affiche les poignées *halo* : utilisez alors l'icône jaune située en bas à droite.

Une seule fenêtre est active à la fois ; elle s'affiche au premier plan et son titre est alors mis en relief. Notez que le pointeur de la souris doit être dans la fenêtre dans laquelle vous souhaitez saisir du texte.

Le Transcript est un objet qui est couramment utilisé pour afficher des messages du système. C'est un genre de "console". Sachez que l'affichage dans la fenêtre Transcript est extrêmement lent, donc si vous la conservez ouverte et que vous y affichez des résultats, certaines opérations peuvent être 10 fois plus lentes. De plus, le Transcript n'est pas conçu pour recevoir simultanément des messages à afficher provenant de plusieurs objets : il n'est pas protégé contre les accès concourants (en anglais, *thread-safe*), donc vous pourriez être témoin de comportements étranges si plusieurs objets tentent d'écrire de manière concourante dans le Transcript.

Les fenêtres de Workspace ou espace de travail sont destinées à y saisir vos expressions de code Smalltalk à expérimenter. Vous pouvez aussi les utiliser simplement pour taper une quelconque note de texte à retenir, comme une liste de choses à faire (en anglais, *todo-list*) ou des instructions pour quiconque est amené à utiliser votre image. Les Workspaces sont souvent employés pour maintenir une documentation à propos de l'image courante, comme c'est le cas dans l'image standard précédemment chargée (voir la figure 1.2).

 Saisissez le texte suivant dans l'espace de travail Workspace :

```
Transcript show: 'bonjour squeak'; cr.
```

Expérimenez la sélection en double-cliquant dans l'espace de travail à différents points dans le texte que vous venez de saisir. Remarquez comment un mot entier ou tout un texte est sélectionné selon l'endroit où vous cliquez.

 Sélectionnez le texte que vous avez saisi puis cliquez à l'aide du bouton jaune.

Choisissez `do it (d)` (dans le sens “faites-le !”, c-à-d. évaluer le code sélectionné) dans le menu contextuel.

Notez que le texte “bonjour squeak” apparaît dans la fenêtre Transcript (voir la figure 1.10). Refaites encore un `do it (d)` (Le `(d)` dans l’option de menu `do it (d)` vous indique que le raccourci-clavier correspondant est CMD-d. Pour plus d’informations, rendez-vous dans la prochaine section !).

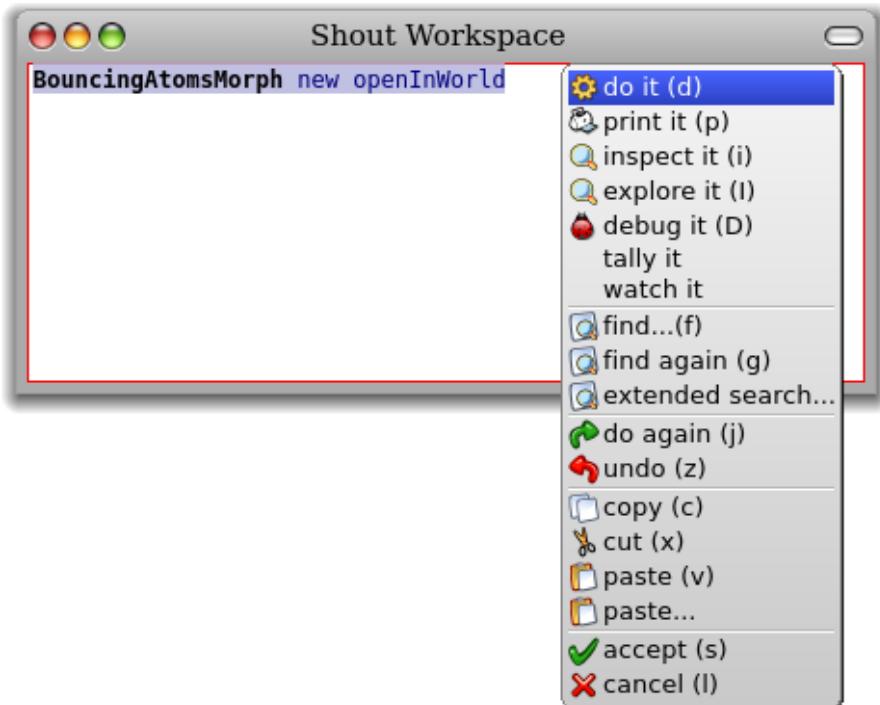


FIGURE 1.10 – Exécuter une expression.

Vous venez d’évaluer votre première¹ expression Smalltalk ! Vous avez seulement envoyé le message `show: 'bonjour squeak'` à l’objet Transcript (`show:` veut dire : afficher), suivi du message `cr` (qui a le sens de *carriage return*, c-à-d. retour-chariot permettant de forcer le passage à la ligne suivante). Le Transcript décide ensuite de quoi faire avec ce message ; il cherche parmi ses *méthodes* celles qui gèrent une réponse aux messages `show:` et `cr` et qui réagissent de façon appropriée.

Si vous discutez un peu avec un Smalltalkien, vous remarquerez rapidement qu’il n’emploie généralement pas des expressions telles que “appeler

1. NdT : les anglo-saxons ont remplacé le “bonjour squeak” par “hello world” qui a le sens de “salut le monde” dans la plus pure tradition de la programmation ; celle-ci veut que le premier programme dans un nouveau langage consiste à afficher la phrase “Hello world”.

un opérateur” ou “invoquer une méthode”, mais qu’il dit plutôt “envoyer un message”. Cette formule reflète l’idée que les objets sont responsables de leurs propres actions. Vous ne pourrez jamais *dire* à un objet ce qu’il doit faire — vous devrez lui *demandez* de manière courtoise de faire quelque chose en lui envoyant un message. Ce n’est pas vous mais l’objet qui choisit la méthode appropriée pour répondre à votre message.

1.5 Les raccourcis-clavier

Si vous voulez évaluer une expression, vous n’avez pas besoin de toujours passer par le menu accessible via le bouton jaune : les raccourcis-clavier sont là pour vous. Ils sont mentionnés dans les expressions parenthésées des options des menus. Selon votre plateforme, vous pouvez être amené à presser l’une des touches de modifications soit `Control`, `Alt`, `Command` ou `Meta` (nous les indiquerons de manière générique par `CMD-touche`).

 Réévaluez l’expression dans le Workspace en utilisant cette fois-ci le raccourci-clavier : `CMD-d`.

En plus de `do it`, vous aurez noté la présence de `print it` (pour évaluer et afficher le résultat dans le même espace de travail), de `inspect it` (pour inspecter) et de `explore it` (pour explorer). Jetons un coup d’œil à ceux-ci.

 Entrez l’expression `3 + 4` dans le Workspace. Maintenant évaluez en faisant un `do it` avec le raccourci-clavier.

Ne soyez pas surpris que rien ne se passe ! Ce que vous venez de faire, c’est d’envoyer le message `+` avec l’argument `4` au nombre `3`. Le résultat `7` aura normalement été calculé et retourné, mais puisque votre espace de travail `Workspace` ne savait que faire de ce résultat, la réponse a simplement été jetée dans le vide. Si vous voulez voir le résultat, vous devriez faire `print it` au lieu de `do it`. En fait, `print it` compile l’expression, l’exécute et envoie le message `printString` au résultat puis affiche la chaîne de caractère résultante.

 Sélectionnez `3+4` et faites `print it` (`CMD-p`).

Cette fois, nous pouvons lire le résultat que nous attendions (voir la figure 1.11).

`3 + 4` → 7

Nous utilisons la notation → comme convention dans tout le livre pour indiquer qu’une expression particulière donne un certain résultat quand vous l’évaluez avec `print it`.

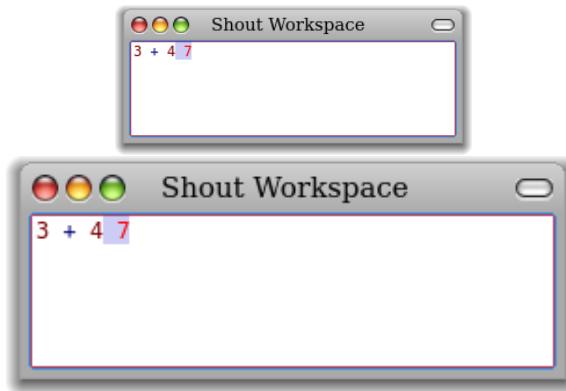


FIGURE 1.11 – Afficher le résultat sous forme de chaîne de caractères avec `print it` plutôt que de simplement évaluer avec `do it`.

Effacez le texte surligné “7” ; comme Pharo devrait l'avoir sélectionné pour vous, vous n'avez qu'à presser sur la touche de suppression (suivant votre type de clavier Suppr. ou Del.). Sélectionnez `3+4` à nouveau et, cette fois, faites une inspection avec `inspect it` (CMD-i).

Vous devriez maintenant voir une nouvelle fenêtre appelée *inspecteur* avec pour titre `SmallInteger: 7` (voir la figure 1.12). L'inspecteur ou (sous son nom de classe) Inspector est un outil extrêmement utile : il vous permet de naviguer et d'interagir avec n'importe quel objet du système. Le titre nous dit que 7 est une instance de la classe `SmallInteger` (classe des entiers sur 31 bits). Le panneau de gauche nous offre une vue des variables d'instance de l'objet en cours d'inspection. Nous pouvons naviguer entre ces variables et le panneau de droite nous affiche leur valeur. Le panneau inférieur peut être utilisé pour écrire des expressions envoyant des messages à l'objet.

Saisissez `self squared` dans le panneau inférieur de l'inspecteur que vous avez ouvert sur l'entier 7 et faites un `print it`. Le message `squared` (carré) va éléver le nombre 7 lui-même (`self`).

Fermez l'inspecteur. Saisissez dans un Workspace le mot-expression `Object` et explorez-le via `explore it` (CMD-I, i majuscule).

Vous devriez voir maintenant une fenêtre intitulée `Object` contenant le texte `▷ root: Object`. Cliquez sur le triangle pour l'ouvrir (voir la figure 1.13).

Cet explorateur (ou Explorer) est similaire à l'inspecteur mais il offre une vue arborescente d'un objet complexe. Dans notre cas, l'objet que nous observons est la classe `Object`. Nous pouvons voir directement toutes les informations stockées dans cette classe et naviguer facilement dans toutes ses

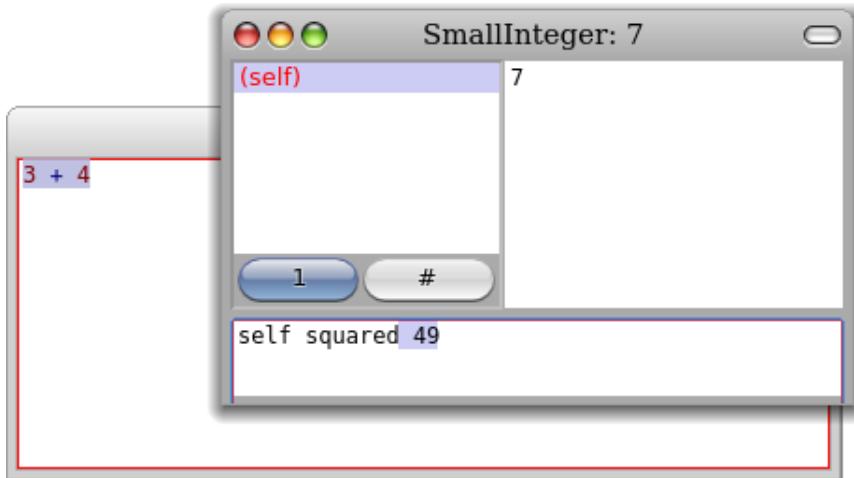


FIGURE 1.12 – Inspecter un objet.

parties.

1.6 SqueakMap

SqueakMap est un catalogue web des “packages” ou paquetages—applications et bibliothèques de programmes (dites aussi librairies)—que vous pouvez télécharger dans votre image. Les paquetages sont hébergés sur de nombreux serveurs de par le monde et sont maintenus par un grand nombre de personnes. Certains de ces paquetages ne fonctionnent que sur une version spécifique de Pharo.

Ouvrez World >open... >SqueakMap Package Loader.

Vous aurez besoin d’une connection Internet pour que cela fonctionne. Au bout d’un certain temps, la fenêtre du gestionnaire de chargement SqueakMap devrait apparaître (voir la figure 1.14). Sur le côté gauche, vous pouvez voir une longue liste de paquetages. Le champ de saisie situé dans le coin supérieur gauche est un panneau de recherche pour vous aider à trouver ce que vous cherchez dans la liste.

Saisissez “Sokoban” dans ce champ de recherche et tapez sur la touche ENTRÉE. Cliquer sur le triangle dirigé vers le nom du paquetage vous révèle une liste des versions disponibles. Quand un paquetage ou une version est sélectionné, des informations à leur sujet sont affichées dans le panneau de droite. Naviguez dans la dernière version du jeu Sokoban. Activez le menu contextuel du panneau de liste en cliquant dans cet espace avec le bouton

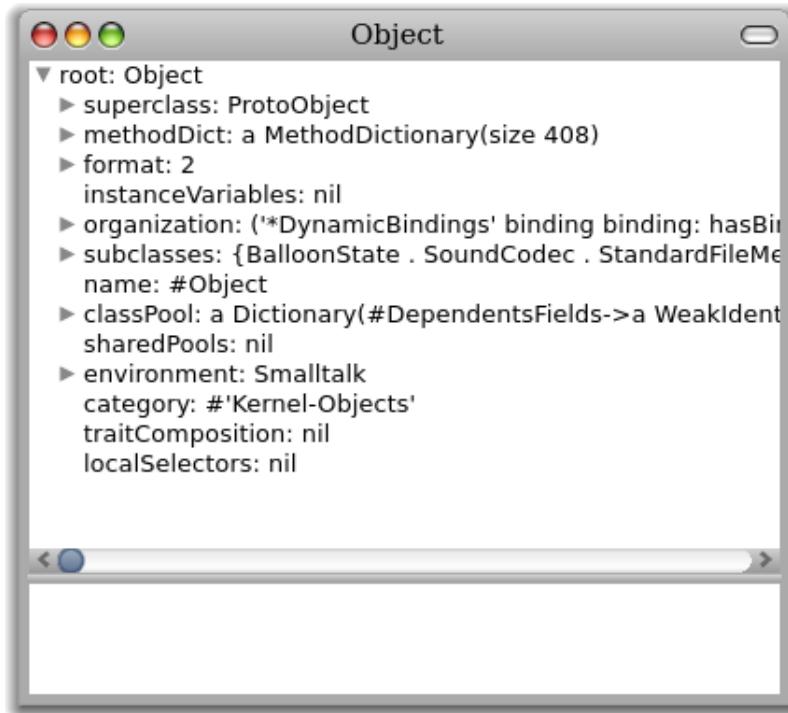


FIGURE 1.13 – Explorer un objet.

jaune et choisissez `install` pour installer le paquetage sélectionné (si Pharo se plaint qu'il n'est pas sûr que cette version du jeu fonctionne dans votre image, répondez aux questions par "yes" pour confirmer l'installation). Remarquez qu'une fois que le paquetage a été installé, il est marqué d'une astérisque dans la liste du SqueakMap Package Loader.

 *Après avoir installé ce paquetage, démarrez Sokoban en évaluant SokobanMorph random openInWorld dans un Workspace (souvenez-vous de faire do it sur toute la sélection).*

Le panneau inférieur gauche du SqueakMap Package Loader fournit plusieurs possibilités pour filtrer la liste des paquetages. Vous pouvez choisir de ne voir que les paquetages qui sont compatibles avec une version particulière de Pharo (*Squeak versions*), ou qui sont de la famille des jeux (*Entertainment ▷ Games*), etc.

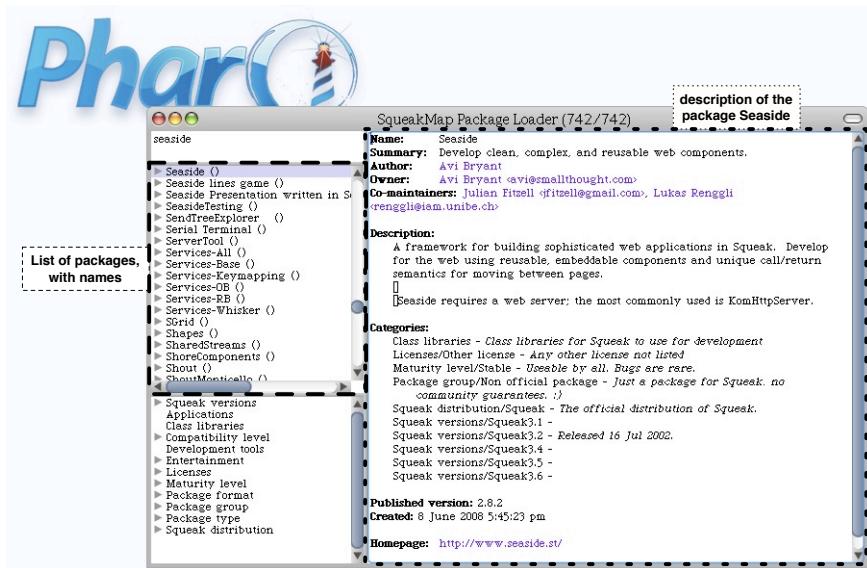


FIGURE 1.14 – Utiliser SqueakMap pour installer le jeu Sokoban.

1.7 Le System Browser

Le navigateur de classes nommé System Browser est un des outils-clé pour programmer. Comme nous le verrons bientôt, il y a plusieurs navigateurs ou *browsers* intéressants disponibles pour Pharo, mais c'est le plus simple que vous pourrez trouver dans n'importe quelle image, que nous allons utiliser ici.

 *Ouvrir un navigateur de classes en sélectionnant World > open... > class browser² ou en faisant un glissé-déposé de l'icône Browser depuis l'onglet Tools.*

Nous pouvons voir un navigateur de classes sur la figure 1.15. La barre de titre indique que nous sommes en train de parcourir la classe Object.

À l'ouverture du Browser, tous les panneaux sont vides excepté le premier à gauche. Ce premier panneau liste toutes les *catégories-système* connues ; **elles groupent des classes qui ont à voir entre elles**.

 *Cliquez sur la catégorie Kernel-Objects.*

2. NdT : suivant les versions de Squeak, vous pouvez aussi lire : "browser" ou "system browser". L'option "class browser" (c-à-d. navigateur de classes) pointe par défaut vers le modèle de navigateur nommé System Browser.

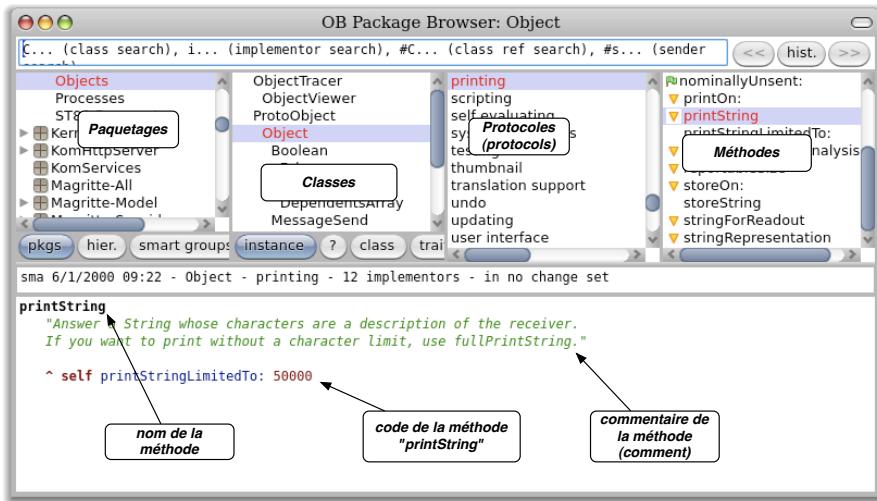


FIGURE 1.15 – Le navigateur de classes System Browser affichant la méthode printString de la classe Object.

Cette manipulation permet l'affichage de toutes les classes de la catégorie sélectionnée dans la seconde colonne.

Sélectionnez la classe Object.

Désormais les deux panneaux restants se remplissent. Le troisième panneau affiche les *protocoles* de la classe sélectionnée. Ce sont des regroupements commodes pour relier des méthodes connexes. Si aucun protocole n'est sélectionné, vous devriez voir toutes les méthodes disponibles de la classe dans le quatrième panneau.

Sélectionnez le protocole printing, protocole de l'affichage.

Vous pourriez avoir besoin de faire défiler (avec la barre de défilement) la liste des protocoles pour le trouver. Vous ne voyez maintenant que les méthodes relatives à l'affichage.

Sélectionnez la méthode printString.

Dès lors, vous voyez dans la partie inférieure du System Browser le code source de la méthode printString partagé par tous les objets (tous dérivés de la classe Object) (exception faite de ceux qui la surcharge).

1.8 Trouver les classes

Il existe plusieurs moyens de trouver une classe dans Pharo. Tout d'abord, comme nous l'avons vu plus haut, nous pouvons savoir (ou deviner) dans quelle catégorie elle se trouve et, de là, naviguer jusqu'à elle via le navigateur de classes.

Une seconde technique consiste à envoyer le message `browse` (ce mot a le sens de "naviguer") à la classe, ce qui a pour effet d'ouvrir un navigateur de classes sur celle-ci (si elle existe bien sûr). Supposons que nous voulions naviguer dans la classe `Boolean` (la classe des booléens).

Saisissez `Boolean browse` dans un Workspace et faites un do it.

Un navigateur s'ouvrira sur la classe `Boolean` (voir la figure 1.16). Il existe aussi un raccourci-clavier `CMD-b` (`browse`) que vous pouvez utiliser dans n'importe quel outil où vous trouvez un nom de classe ; sélectionnez le nom de la classe (*par ex.*, `Boolean`) puis tapez `CMD-b`.

Utilisez le raccourci-clavier pour naviguer dans la classe `Boolean`.

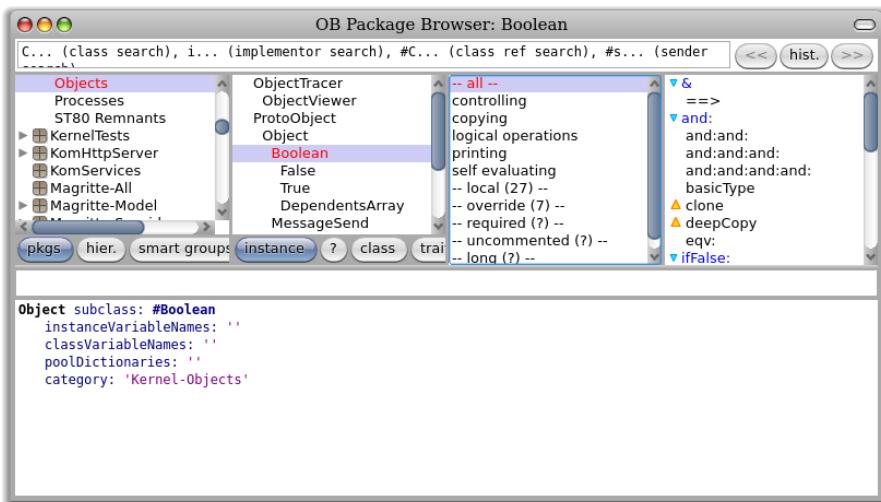


FIGURE 1.16 – Le navigateur de classes affichant la définition de la classe `Boolean`.

Remarquez qu'un panneau supplémentaire apparaît sous les quatre colonnes supérieures du navigateur quand la classe `Boolean` est sélectionnée mais qu'aucun protocole ni aucune méthode n'est choisi (voir la figure 1.16). Des deux panneaux inférieurs, le panneau du haut contient la *définition de la classe*. Ce n'est rien de plus qu'un message Smalltalk ordinaire qui est envoyé

à la classe parente lui réclamant de créer une sous-classe. Ici nous voyons qu'il est demandé à la classe Object de créer une sous-classe nommée Boolean sans aucune variables d'instance, ni variables de classe ou "pool dictionaries" et de mettre la classe Boolean dans la catégorie *Kernel-Objects*.

Le nouveau panneau en dessous nous montre le *commentaire de classe* — quelques paragraphes de texte décrivant la classe. Si vous cliquez sur le bouton  à la base du panneau des classes (*c-à-d.* le second), vous pouvez voir le commentaire de classe dans un panneau dédié.

Si vous souhaitez explorer la hiérarchie des héritages de Pharo, le navigateur nommé *Hierarchy Browser* vous y aidera. Ça peut être utile si vous êtes en train de chercher une sous-classe ou une super-classe inconnue d'une classe connue. Le *Hierarchy Browser* ou navigateur hiérarchique est similaire au *System Browser* excepté que la liste des classes est arrangée comme une arborescence indentée reflétant l'héritage.

 Cliquez sur le bouton `hierarchy` dans le navigateur de classes lorsque la classe Boolean est sélectionnée.

Il est résulte l'ouverture d'un *Hierarchy Browser* affichant les super-classes et les sous-classes de Boolean. Naviguez un peu dans la super-classe et les sous-classes immédiates de Boolean.

Souvent, la méthode la plus rapide de trouver une classe consiste à la rechercher par son nom. Par exemple, supposons que vous êtes à la recherche d'une classe inconnue qui représente les jours et les heures.

 Placez la souris dans le panneau des catégories-système d'un *System Browser* et tapez CMD-f ou sélectionnez `find class... (f)` dans le menu contextuel accessible avec le bouton jaune. Saisissez "time" (*c-à-d.* le temps, puisque c'est l'objet de notre quête) dans la boîte de dialogue et acceptez cette entrée.

Une liste de classes dont le nom contient "time" vous sera présentée (voir la figure 1.17). Choisissez-en une, disons, Time ; un navigateur l'affichera avec un commentaire de classe suggérant d'autres classes pouvant être utiles. Si vous voulez naviguer dans l'une des autres classes, sélectionnez son nom (dans n'importe quelle zone de texte) et tapez CMD-b.

Notez que si vous tapez le nom complet (et correctement capitalisé *c-à-d.* en respectant la casse) de la classe dans la boîte de dialogue de recherche (find), le navigateur ira directement à cette classe sans montrer aucune liste de classes à choisir.

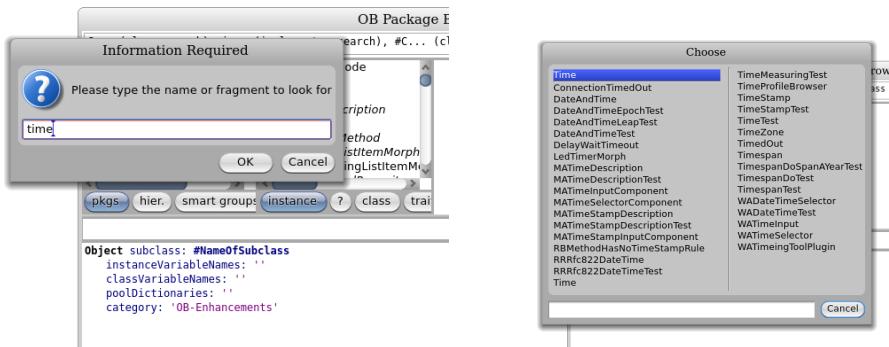


FIGURE 1.17 – Rechercher une classe d’après son nom.

1.9 Trouver les méthodes

Vous pouvez parfois deviner le nom de la méthode ou, tout au moins, une partie de son nom plus facilement que le nom d’une classe. Par exemple, si vous êtes intéressé par la connaissance du temps actuel, vous pouvez vous attendre à ce qu’il y ait une méthode affichant le temps *maintenant* : comme la langue de Smalltalk est l’anglais et que *maintenant* se dit “now”, une méthode contenant le mot “now” a de forte chance d’exister. Mais où pourrait-elle être ? L’outil *Method Finder* peut vous aider à la trouver.

 Faites un glissé-déposé de l’icône *Method Finder* depuis l’onglet *Tools*. Saisissez “now” dans le panneau supérieur gauche et cliquez sur *accept* (ou tapez simplement la touche ENTRÉE).

Le chercheur de méthodes *Method Finder* affichera une liste de tous les noms de méthodes contenant la sous-chaîne de caractères “now”.

Pour défiler jusqu’à now lui-même, tapez “n” ; cette astuce fonctionne sur toutes les zones à défilement de n’importe quelle fenêtre. En sélectionnant “now”, le panneau de droite vous présentera les trois classes qui définissent une méthode avec ce nom, comme le montre la figure 1.18. Sélectionner une de ces classes vous ouvrira un navigateur sur celle-ci.

À d’autres moments, vous pourriez avoir en tête qu’une méthode existe bien sans savoir comment elle s’appelle. Le *Method Finder* peut encore vous aider ! Par exemple, partons de la situation suivante : vous voulez trouver une méthode qui transforme une chaîne de caractères en sa version majuscule, *c-à-d.* qui transforme ‘eureka’ en ‘EUREKA’.

 Saisissez ‘eureka’ . ‘EUREKA’ dans le *Method Finder*, comme le montre la figure 1.19.

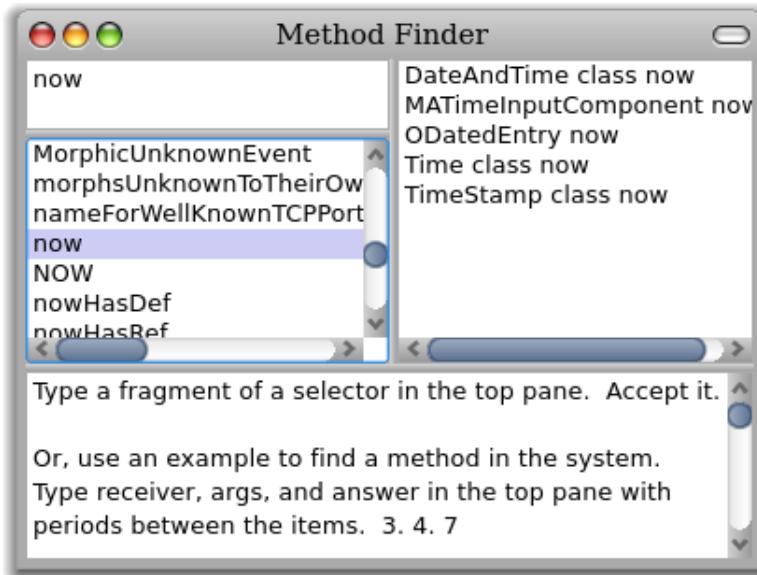


FIGURE 1.18 – Le Method Finder affichant les trois classes qui définissent une méthode appelée now.

Le Method Finder vous suggère une méthode qui fait ce que vous voulez. Un astérisque au début d'une ligne dans le panneau de droite du Method Finder vous indique que cette méthode est celle qui a été effectivement utilisée pour obtenir le résultat requis. Ainsi, l'astérisque devant String asUppercase vous fait savoir que la méthode asUppercase (traduisible par “en tant que majuscule”) définie dans la classe String (la classe des chaînes de caractères) a été exécutée et a renvoyé le résultat voulu. Les méthodes qui n’ont pas d’astérisque ne sont que d’autres méthodes que celles qui retournent le résultat attendu. Character asUppercase n’a pas été exécutée dans notre exemple, parce que ‘eureka’ n’est pas un caractère de classe Character.

Vous pouvez aussi utiliser le Method Finder pour trouver des méthodes avec plusieurs arguments ; par exemple, si vous recherchez une méthode qui trouve le plus grand commun diviseur de deux entiers, vous pouvez essayer de saisir 25. 35. 5 comme exemple. Vous pouvez aussi donner au Method Finder de multiples exemples pour restreindre le champ des recherches ; le texte d'aide situé dans le panneau inférieur vous en apprendra plus.

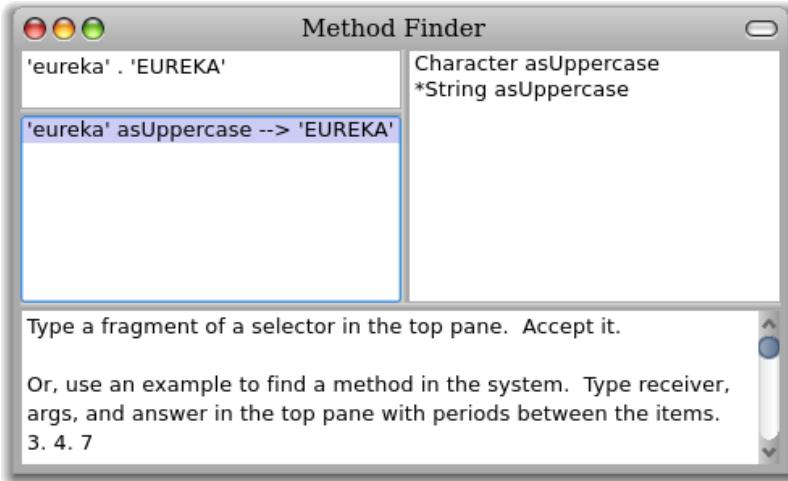


FIGURE 1.19 – Trouver une méthode par l'exemple.

1.10 Définir une nouvelle méthode

L'avènement de la méthodologie de développement orienté tests ou *Test Driven Development*³ a changé la façon d'écrire du code. L'idée derrière cette technique aussi appelée TDD ou développement dirigé par le comportement⁴ se résume par l'écriture du test qui définit le comportement désiré de notre code *avant* celle du code proprement dit. À partir de là seulement, nous écrivons le code qui satisfait au test.

Supposons que nous voulions écrire une méthode qui "hurle quelque chose". Qu'est-ce que cela veut dire au juste ? Quelle serait le nom le plus convenable pour une telle méthode ? Comment pourrions-nous être sûrs que les programmeurs en charge de la maintenance future du code auront une description sans ambiguïté de ce que ce code est censé faire ? Nous pouvons répondre à toutes ces questions en proposant l'exemple suivant :

Quand nous envoyons le message `shout` (qui veut dire "crier" en anglais) à la chaîne de caractères "Pas de panique", le résultat devrait être "PAS DE PANIQUE!".

Pour faire de cet exemple quelque chose que le système peut utiliser, nous le transformons en méthode de test :

3. Kent Beck, *Test Driven Development : By Example*. Addison-Wesley, 2003, ISBN 0-321-14653-0.

4. En anglais, *Behaviour Driven Development*.

Méthode 1.1 – Un test pour la méthode shout

```
testShout
self assert: ('Pas de panique' shout = 'PAS DE PANIQUE!')
```

Comment créons-nous une nouvelle méthode dans Pharo ? Premièrement, nous devons décider quelle classe va accueillir la méthode. Dans ce cas, la méthode shout que nous testons ira dans la classe String car c'est la classe des chaînes de caractères et "Pas de panique" en est une. Donc, par convention, le test correspondant ira dans une classe nommée StringTest.

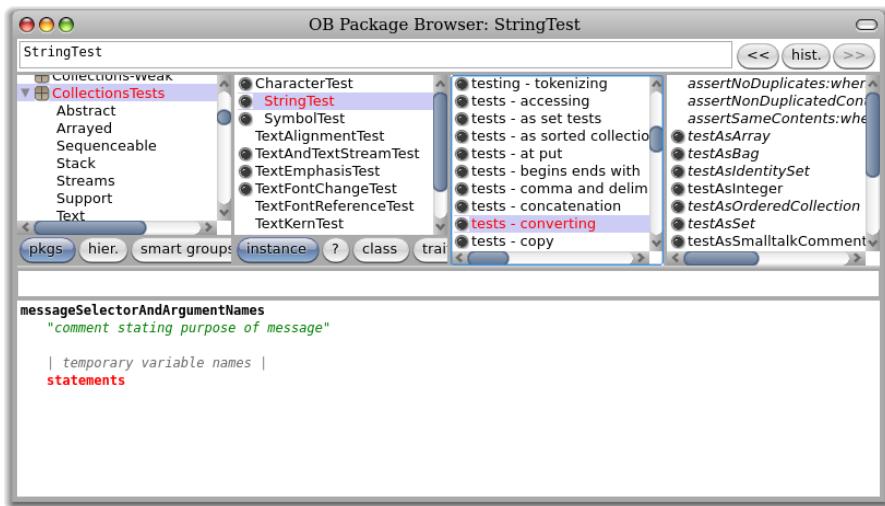


FIGURE 1.20 – Le patron de la nouvelle méthode dans la classe StringTest.

Ouvrez un navigateur de classes sur la classe StringTest. Sélectionnez un protocole approprié pour notre méthode ; dans notre cas, tests - converting (signifiant tests de conversion, puisque notre méthode modifiera le texte en retour), comme nous pouvons le voir sur la figure 1.20. Le texte surligné dans le panneau inférieur est un patron de méthode qui vous rappelle ce à quoi ressemble une méthode. Effacez-le et saisissez le code de la méthode 1.1.

Une fois que vous avez commencé à entrer le texte dans le navigateur, l'espace de saisie est entouré de rouge pour vous rappeler que ce panneau contient des changements non-sauvegardés. Lorsque vous avez fini de saisir le texte de la méthode de test, sélectionnez accept(s) via le menu activé par le bouton jaune dans ce panneau ou utilisez le raccourci-clavier CMD-s : ainsi, vous compilerez et sauvegarderez votre méthode.

Puisqu'il n'y a pas encore de méthode nommée shout, le System Browser vous demandera confirmation que c'est bien le nom que vous désirez — il

vous suggèrera d'ailleurs d'autres noms de méthodes existantes dans le système (voir la figure 1.21). Ce comportement du navigateur est utile si vous aviez effectivement fait une erreur de frappe. Mais ici, nous voulons *vraiment* écrire shout puisque c'est la méthode que nous voulons créer. Dès lors, nous n'avons qu'à confirmer cela en sélectionnant la première option parmi celles du menu, comme vous le voyez sur la figure 1.21.

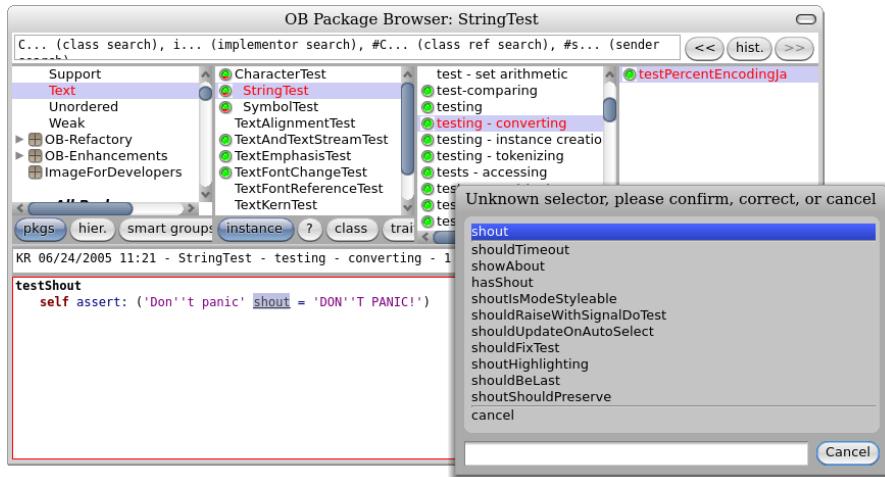


FIGURE 1.21 – Accepter la méthode testShout dans la classe StringTest.

Lancez votre test nouvellement créé : ouvrez le programme SUnit nommé TestRunner, soit en faisant un glissé-déposé depuis l'onglet Tools, soit en sélectionnant World > open... > Test Runner.

Les deux panneaux les plus à gauche se présentent un peu comme les panneaux supérieurs du System Browser. Le panneau de gauche contient une liste de catégories-système restreintes aux catégories qui contiennent des classes de test.

Sélectionnez CollectionsTests-Text (si vous ne voyez pas cette catégorie, sélectionnez tout d'abord All Standard Tests dans le premier panneau de filtrage). Le panneau de droite vous affichera alors toutes les classes de test de cette catégorie dont la classe StringTest. Si les noms de classes ne sont pas sélectionnés, sélectionnez-les tous. Cliquez maintenant sur Run Selected pour lancer tous ces tests.

Vous devriez voir un message comme celui de la figure 1.22, vous indiquant qu'il y a eu une erreur lors de l'exécution des tests. La liste des tests qui donne naissance à une erreur est affichée dans le panneau inférieur de droite ; comme vous pouvez le voir, c'est bien StringTest>>#testShout le coupable (remarquez que la notation StringTest>>#testShout est la façon dont Smalltalk

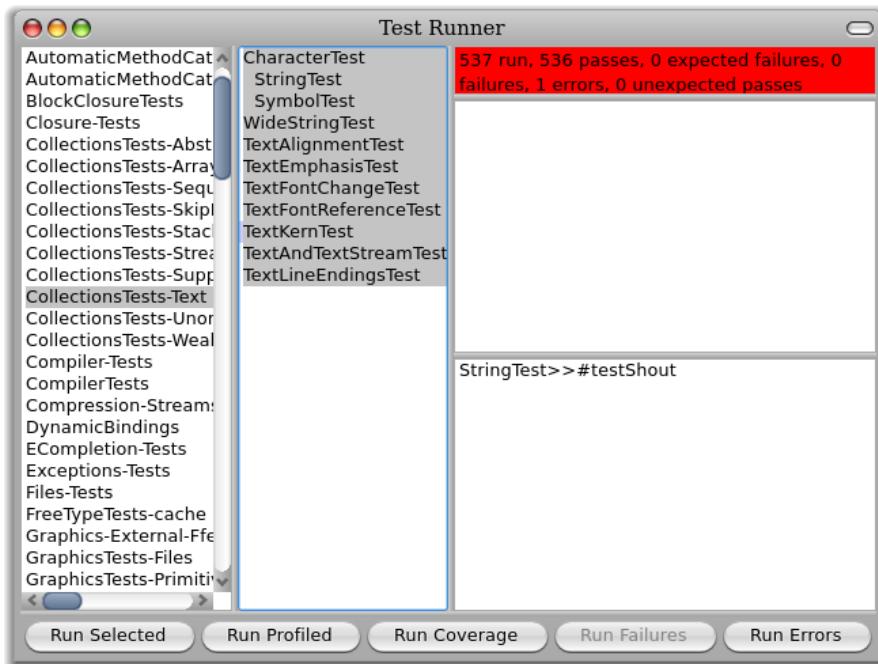


FIGURE 1.22 – Lancer les tests de String.

identifie la méthode de la classe `StringTest`). Si vous cliquez sur cette ligne de texte, le test erroné sera lancé à nouveau mais, cette fois-ci, de telle façon que vous voyez l'erreur surgir : “`MessageNotUnderstood: ByteString»shout`”.

La fenêtre qui s’ouvre avec le message d’erreur est le débogueur Smalltalk (voir la figure 1.23). Nous verrons le débogueur nommé Debugger et ses fonctionnalités dans le chapitre 6.

L’erreur était bien sûr attendue ; lancer le test génère une erreur parce que nous n’avons pas encore écrit la méthode qui dit aux chaînes de caractères comment hurler *c-à-d.* comment répondre au message shout. De toutes façons, c’est une bonne pratique de s’assurer que le test échoue ; cela confirme que nous avons correctement configuré notre machine à tests et que le nouveau test est actuellement en cours d’exécution. Une fois que vous avez vu l’erreur, vous pouvez cliquer sur le bouton `Abandon` pour abandonner le test en cours, ce qui fermera la fenêtre du débogueur. Sachez qu’en Smalltalk vous pouvez souvent définir la méthode manquante directement depuis le débogueur en utilisant le bouton `Create`, en y éditant la méthode nouvellement créée puis, *in fine*, en appuyant sur le bouton `Proceed` pour poursuivre le test.

Définissons maintenant la méthode qui fera du test un succès !

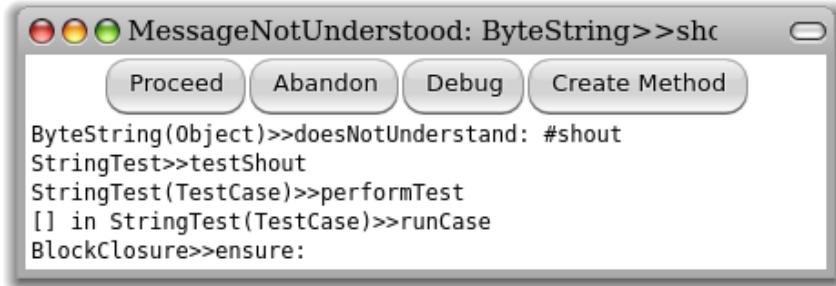


FIGURE 1.23 – La fenêtre de démarrage du débogueur.

Sélectionnez la classe `String` dans le *System Browser* et rendez-vous dans le protocole déjà existant des méthodes de conversion et appellé `converting`. À la place du patron de création de méthode, saisissez le texte de la méthode 1.2 et faites `accept` (saisissez `^` pour obtenir un `↑`)

Méthode 1.2 – La méthode `shout`

```
shout
↑ self asUppercase, '!'
```

La virgule est un opérateur de concaténation de chaînes de caractères, donc, le corps de cette méthode ajoute un point d'exclamation à la version majuscule (obtenue avec la méthode `asUppercase`) de l'objet `String` auquel le message `shout` a été envoyé. Le `↑` dit à Pharo que l'expression qui suit est la réponse que la méthode doit retourner ; dans notre cas, il s'agit de la nouvelle chaîne concaténée.

Est-ce que cette méthode fonctionne ? Lançons tout simplement notre test afin de le savoir.

Cliquez encore sur le bouton `Run Selected` du *Test Runner*. Cette fois vous devriez obtenir une barre de signalisation verte (et non plus rouge) et son texte vous confirmera que tous les tests lancés se feront sans aucun échec (ni failures, ni errors).

Vous voyez une barre verte⁵ dans le *Test Runner* ? Bravo ! Sauvegardez votre image et faites une pause. Vous l'avez bien mérité.

5. En réalité, vous pourriez ne pas obtenir de barre verte car certaines images contiennent des tests pour des *bugs* à corriger. Ne vous inquiétez pas ! Pharo est en perpétuelle évolution.

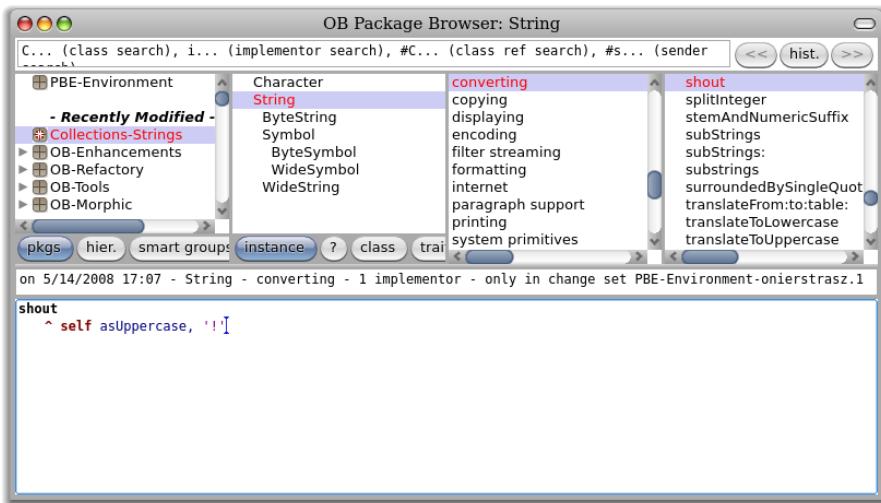


FIGURE 1.24 – La méthode shout dans la classe String.

1.11 Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous vous avons introduit à l'environnement de Pharo et nous vous avons montré comment utiliser certains de ses principaux outils comme le System Browser, le Method Finder et le Test Runner. Vous avez pu avoir un aperçu de la syntaxe sans que vous puissiez encore la comprendre suffisamment à ce stade.

- Un système Pharo fonctionnel comprend une *machine virtuelle* (souvent abrégée par VM), un fichier *sources* et un couple de fichiers : une *image* et un fichier *changes*. Ces deux derniers sont les seuls à être susceptibles de changer, puisqu'ils sauvegardent un cliché du système actif.
- Quand vous restorez une image Pharo, vous vous retrouvez exactement dans le même état — avec les mêmes objets lancés — que lorsque vous l'avez laissée au moment de votre dernière sauvegarde de cette image.
- Pharo est destiné à fonctionner avec une souris à trois boutons. Par convention, nous disons qu'il y a un bouton *rouge*, un bouton *jaune* et un bouton *bleu*. Si vous n'avez pas de souris à trois boutons, vous pouvez utiliser des touches de modifications au clavier pour obtenir le même effet.
- Vous utilisez le bouton rouge sur l'arrière-plan de Pharo pour faire apparaître le *menu World* et pouvoir lancer depuis celui-ci divers outils. Vous pouvez aussi trouver les outils essentiels dans l'onglet *Tools* situé à droite de l'écran Pharo.
- Un *Workspace* ou espace de travail est un outil destiné à écrire et évaluer

des fragments de code. Vous pouvez aussi l'utiliser pour y stocker un texte quelconque.

- Vous pouvez utiliser des raccourcis-clavier sur du texte dans un Work-space ou tout autre outil pour en évaluer le code. Les plus importants sont `do it` (CMD-d), `print it` (CMD-p), `inspect it` (CMD-i) et `explore it` (CMD-I).
- SqueakMap est un outil pour télécharger des paquetages utiles depuis Internet.
- Le navigateur de classes *System Browser* est le principal outil pour naviguer dans le code Pharo et pour développer du nouveau code.
- Le *Test Runner* permet d'effectuer des tests unitaires. Il supporte pleinement la méthodologie de programmation orientée tests connue sous le nom de *Test Driven Development*.

Chapitre 2

Une première application

À CORRIGER! MARTIAL: LE RESTE DU TEXTE EST ENCORE DU SBE

Dans ce chapitre, nous allons développer un jeu très simple, le jeu de Quinto. En cours de route, nous allons faire la démonstration de la plupart des outils que les développeurs Pharo utilisent pour construire et déboguer leurs programmes et comment les programmes sont échangés entre les développeurs. Nous verrons notamment le navigateur de classes (System Browser), l'inspecteur d'objet, le débogueur et le navigateur de paquetages Monticello. Le développement avec Smalltalk est efficace : vous découvrirez que vous passerez beaucoup plus de temps à écrire du code et beaucoup moins à gérer le processus de développement. Ceci est en partie du au fait que Smalltalk est un langage très simple, et d'autre part que les outils qui forment l'environnement de programmation sont très intégrés avec le langage.

2.1 Le jeu de Quinto

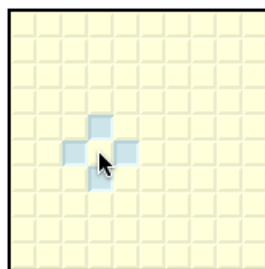


FIGURE 2.1 – Le plateau de jeu de Quinto. L'utilisateur vient de cliquer sur une case avec la souris comme le montre le curseur.

Pour vous montrer comment utiliser les outils de développement de

Pharo, nous allons construire un jeu très simple nommé *Quinto*. Le plateau de jeu est montré dans la figure 2.1 ; il consiste en un tableau rectangulaire de *cellules* jaunes claires. Lorsque l'on clique sur l'une de ces cellules avec la souris, les quatre qui l'entourent deviennent bleues. Cliquez de nouveau et elles repassent au jaune pâle. Le but du jeu est de passer au bleu autant de cellules que possible.

Le jeu de Quinto montré dans la figure 2.1 est fait de deux types d'objets : le plateau de jeu lui-même et une centaine de cellule-objets individuelles. Le code Pharo pour réaliser ce jeu va contenir deux classes : une pour le jeu et une autre pour les cellules. Nous allons voir maintenant comment définir ces deux classes en utilisant les outils de programmation de Pharo.

2.2 Créer une nouvelle catégorie de classe

Nous avons déjà vu le navigateur de classes (System Browser) dans le chapitre 1, où nous avons appris à naviguer dans les classes et méthodes, et à définir de nouvelles méthodes. Nous allons maintenant voir comment créer des catégories systèmes et des classes.

 *Ouvrez un navigateur de classes et cliquez avec le bouton jaune sur le panneau des catégories. Sélectionnez add item . . .*

Tapez le nom de la nouvelle catégorie (nous allons utiliser *PBE-LightsOut*) dans la boîte de dialogue et cliquez sur `accept` (ou appuyez simplement sur la touche entrée) ; la nouvelle catégorie est créée et se positionne à la fin de la liste de catégories. Si vous sélectionnez une catégorie existante, alors la nouvelle catégorie sera positionnée juste après celle sélectionnée.

2.3 Définir la classe SBECell

Pour l'instant, il n'y a aucune classe dans cette nouvelle catégorie. Néanmoins, la zone principale d'édition affiche un patron ou modèle afin de créer facilement une nouvelle classe (voir la figure 2.3).

Ce modèle nous montre une expression Smalltalk qui envoie un message à la classe appelée `Object`, lui demandant de créer une sous-classe appelée `NameOfSubClass`. La nouvelle classe n'a pas de variables et devrait appartenir à la catégorie *PBE-LightsOut*.

Nous modifions simplement le modèle afin de créer la classe que nous souhaitons.

 *Modifiez le modèle de création d'une classe comme suit :*

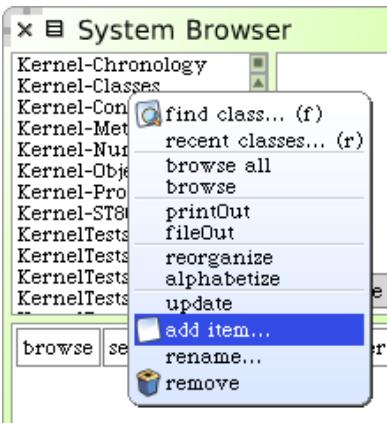


FIGURE 2.2 – Ajouter une catégorie système.

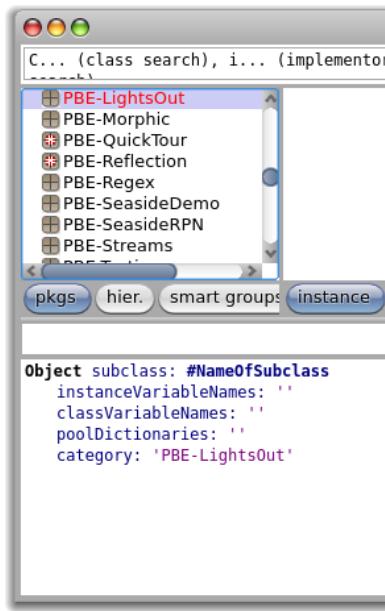


FIGURE 2.3 – Le modèle de création d'une classe.

- remplacez Object par SimpleSwitchMorph ;
- remplacez NameOfClass par SBECCell ;
- ajoutez mouseAction dans la liste de variables d'instances.

Le résultat doit ressembler à la classe 2.1.

Classe 2.1 – Définition de la classe SBECCell

```
SimpleSwitchMorph subclass: #SBECCell
instanceVariableNames: 'mouseAction'
classVariableNames: ""
poolDictionaries: ""
category: 'PBE-LightsOut'
```

Cette nouvelle définition consiste en une expression Smalltalk qui envoie un message à une classe existante SimpleSwitchMorph, lui demandant de créer une sous-classe appelée SBECCell (en fait, comme SBECCell n'existe pas encore, nous passons comme argument le symbole #SBECCell qui correspond au nom de la classe à créer). Nous indiquons également que les instances de cette nouvelle classe doivent avoir une variable d'instance mouseAction, que nous utiliserons pour définir l'action que la cellule doit effectuer lorsque l'utilisateur clique dessus avec la souris.

À ce point, nous n'avons encore rien construit. Notez que le bord du panneau

du modèle de la classe est passé en rouge (voir la figure 2.4). Cela signifie qu'il y a des *modifications non sauvegardées*. Pour effectivement envoyer ce message, vous devez faire `accept`.

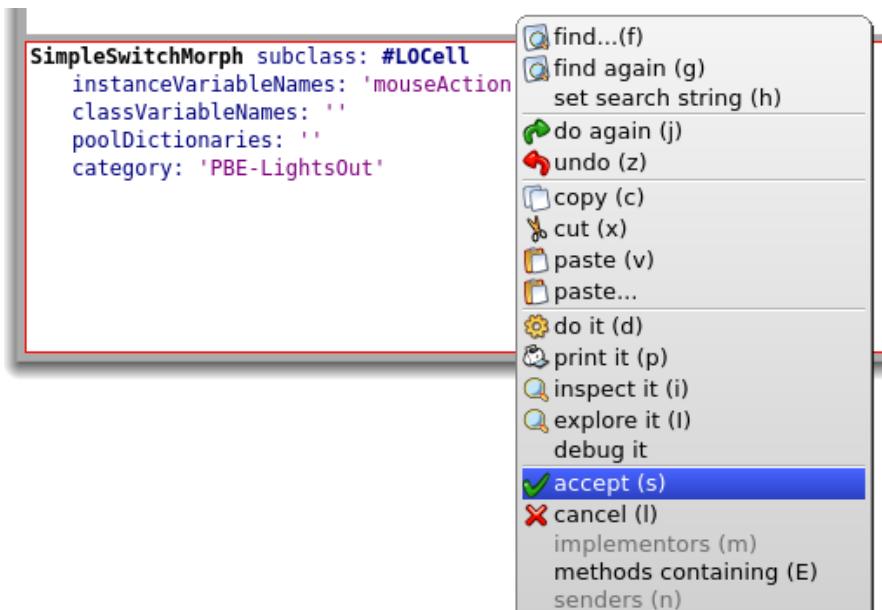


FIGURE 2.4 – Le modèle de création d'une classe.

⌚ Acceptez la nouvelle définition de classe.

Utilisez le bouton jaune de la souris ou bien, sélectionnez `accept` ou encore utilisez le raccourci-clavier CMD-s (pour “save” c-à-d. sauvegarder). Ce message sera envoyé à `SimpleSwitchMorph`, ce qui aura pour effet de compiler la nouvelle classe.

Une fois la définition de classe acceptée, la classe va être créée et apparaîtra dans le panneau des classes du navigateur (voir la figure 2.5). Le panneau d'édition montre maintenant la définition de la classe et un petit panneau dessous vous invite à écrire quelques mots décrivant l'objectif de la classe. Nous appelons cela un *commentaire de classe*; il est assez important d'en écrire un qui donnera aux autres développeurs une vision globale de votre classe. Les Smalltalkiens accordent une grande valeur à la lisibilité de leur code et il n'est pas habituel de trouver des commentaires détaillés dans leurs méthodes; la philosophie est plutôt d'avoir un code qui parle de lui-même (si cela n'est pas le cas, vous devrez le refactoriser jusqu'à ce que ça le soit!). Un commentaire de classe ne nécessite pas une description détaillée de la classe, mais quelques mots la décrivant sont vitaux si les développeurs qui viennent après vous souhaitent passer un peu de temps sur votre classe.

 Tapez un commentaire de classe pour SBECell et acceptez-le ; vous aurez tout le loisir de l'améliorer par la suite.

FIGURE 2.5 – La classe nouvellement créée SBECell. Le panneau inférieur est le panneau de commentaires ; par défaut, il dit : “CETTE CLASSE N’A PAS DE COMMENTAIRE !”.

2.4 Ajouter des méthodes à la classe

Ajoutons maintenant quelques méthodes à notre classe.

 Sélectionnez le protocole --all-- dans le panneau des protocoles.

Vous voyez maintenant un modèle pour la création d’une méthode dans le panneau d’édition. Sélectionnez-le et remplacez-le par le texte de la méthode 2.2.

Méthode 2.2 – Initialiser les instances de SBECell.

```

1 initialize
2   super initialize.
3   self label: "".
4   self borderWidth: 2.
5   bounds := 0@0 corner: 16@16.
6   offColor := Color paleYellow.
7   onColor := Color paleBlue darker.
8   self useSquareCorners.
9   self turnOff

```

Notez que les caractères " de la ligne 3 sont deux apostrophes¹ sans espace entre elles, et non un guillemet (")! " représente la chaîne de caractères vide.

 Faites un `accept` de cette définition de méthode.

Que fait le code ci-dessus ? Nous n’allons pas rentrer dans tous les détails maintenant (ce sera l’objet du reste de ce livre !), mais nous allons vous en donner un bref aperçu. Reprenons le code ligne par ligne.

Notons que la méthode s’appelle `initialize`. Ce nom dit bien ce qu’il veut dire² ! Par convention, si une classe définit une méthode nommée `initialize`, cette méthode sera appelée dès que l’objet aura été créé. Ainsi dès que nous évaluons `SBECell new`, le message `initialize` sera envoyé automatiquement à cet objet nouvellement créé. Les méthodes d’initialisation sont utilisées

1. Nous utilisons le terme “quote” en anglais.

2. En anglais, puisque c’est la langue conventionnelle en Smalltalk.

pour définir l'état des objets, généralement pour donner une valeur à leurs variables d'instances ; c'est exactement ce que nous faisons ici.

La première action de cette méthode (ligne 2) est d'exécuter la méthode initialize de sa super-classe, SimpleSwitchMorph. L'idée est que tout état hérité sera initialisé correctement par la méthode initialize de la super-classe. C'est toujours une bonne idée d'initialiser l'état hérité en envoyant super initialize avant de faire tout autre chose ; nous ne savons pas exactement ce que la méthode initialize de SimpleSwitchMorph va faire, et nous ne nous en soucions pas, mais il est raisonnable de penser que cette méthode va initialiser quelques variables d'instance avec des valeurs par défaut, et qu'il vaut mieux le faire au risque de se retrouver dans un état incorrect.

Le reste de la méthode donne un état à cet objet. Par exemple, envoyer self label: " affecte le label de cet objet avec la chaîne de caractères vide.

L'expression 0@0 corner: 16@16 nécessite probablement plus d'explications. 0@0 représente un objet Point dont les coordonnées *x* et *y* ont été fixées à 0. En fait, 0@0 envoie le message @au nombre 0 avec l'argument 0. L'effet produit sera que le nombre 0 va demander à la classe Point de créer une nouvelle instance de coordonnées (0,0). Puis, nous envoyons à ce nouveau point le message corner: 16@16, ce qui cause la création d'un Rectangle de coins 0@0 et 16@16. Ce nouveau rectangle va être affecté à la variable bounds héritée de la super-classe.

Notez que l'origine de l'écran Pharo est en *haut à gauche* et que les coordonnées en *y* augmentent vers le bas.

Le reste de la méthode doit être compréhensible d'elle-même. Une partie de l'art d'écrire du bon code Smalltalk est de choisir les bons noms de méthodes de telle sorte que le code Smalltalk peut être lu comme de l'anglais simplifié (*English pidgin*). Vous devriez être capable d'imaginer l'objet se parlant à lui-même et dire : "Utilise des bords carrés !" (d'où useSquareCorners), "Éteins les cellules !" (en anglais, turnOff).

2.5 Inspecter un objet

Vous pouvez tester l'effet du code que vous avez écrit en créant un nouvel objet SBECell et en l'inspectant.

 *Ouvrez un espace de travail (Workspace). Tapez l'expression SBECell new et choisissez inspect it.*

FIGURE 2.6 – L'inspecteur utilisé pour examiner l'objet SBECell.

Le panneau gauche de l'inspecteur montre une liste de variables d'ins-

tances ; si vous en sélectionnez une (par exemple bounds), la valeur de la variable d'instance est affichée dans le panneau droit. Vous pouvez également utiliser l'inspecteur pour changer la valeur d'une variable d'instance.

- ❶ *Changez la valeur de bounds à 0@0 corner: 50@50 et faites un accept.*

Le panneau en bas d'un inspecteur est un mini-espace de travail. C'est très utile car, dans cet espace de travail, la pseudo-variable self est liée à l'objet inspecté.

- ❷ *Tapez le texte self openInWorld dans la zone du bas et choisissez do it via le menu.*

La cellule doit apparaître en haut à gauche de l'écran ; en fait, à l'endroit exact où sa variable bounds dit qu'elle doit apparaître. Faites un clic avec le bouton bleu de la souris sur la cellule afin de faire apparaître son halo Morphic. Déplacez la cellule avec la poignée marron (à gauche de l'icône du coin supérieur droit) et redimensionnez-la avec la poignée jaune (en bas à droite). Vérifiez que les limites indiquées par l'inspecteur sont modifiées en conséquence.

FIGURE 2.7 – Redimensionner la cellule.

- ❸ *Détruissez la cellule en cliquant sur le x de la poignée rose pâle (en haut à gauche).*

2.6 Définir la classe SBEGame

Créons maintenant l'autre classe dont nous avons besoin dans le jeu ; nous l'appellerons SBEGame.

- ❹ *Faites apparaître le modèle de définition de classe dans la fenêtre principale du navigateur.*

Pour cela, cliquez deux fois sur le nom de la catégorie de classe déjà sélectionnée ou réaffichez la définition de SBECCell en cliquant sur le bouton instance. Éditez le code de telle sorte qu'il puisse être lu comme suit puis faites accept.

Classe 2.3 – Définition de la classe SBEGame

```
BorderedMorph subclass: #SBEGame
instanceVariableNames: "
classVariableNames: "
poolDictionaries: "
category: 'PBE-LightsOut'
```

Ici nous sous-classons BorderedMorph ; Morph est la super-classe de toutes les formes graphiques de Pharo, et (surprise !) un BorderedMorph est un Morph avec un bord. Nous pourrions également insérer les noms des variables d'instances entre apostrophes sur la seconde ligne, mais pour l'instant laissons cette liste vide.

Définissons maintenant une méthode initialize pour SBEGame.

 Tapez ce qui suit dans le navigateur comme une méthode de SBEGame et faites ensuite accept :

Méthode 2.4 – Initialisation du jeu

```
1 initialize
2   | sampleCell width height n |
3   super initialize.
4   n := self cellsPerSide.
5   sampleCell := SBECell new.
6   width := sampleCell width.
7   height := sampleCell height.
8   self bounds: (5@5 extent: ((width*n) @ (height*n)) + (2 * self borderWidth)).
9   cells := Matrix new: n tabulate: [ :i :j | self newCellAt: i at: j ]
```

Pharo va se plaindre qu'il ne connaît pas la signification de certains termes. Il vous indique alors qu'il ne connaît pas le message cellsPerSide (en français, "cellules par côté") et vous suggère un certain nombre de propositions, dans le cas où il s'agirait d'une erreur de frappe.

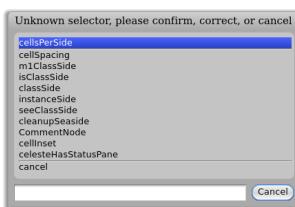


FIGURE 2.8 – Pharo détecte un sélecteur inconnu.

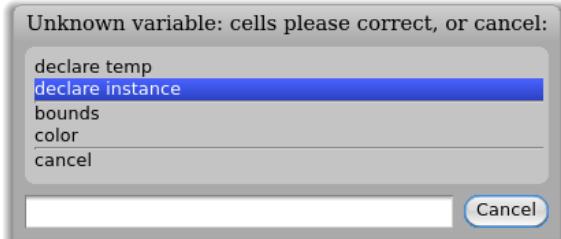


FIGURE 2.9 – Déclaration d'une nouvelle variable d'instance.

Mais `cellsPerSide` n'est pas une erreur — c'est juste le nom d'une méthode que nous n'avons pas encore définie — que nous allons écrire dans une minute ou deux.

 Sélectionnez le premier élément du menu, afin de confirmer que nous parlons bien de `cellsPerSide`.

Puis, Pharo va se plaindre de ne pas connaître la signification de `cells`. Il vous offre plusieurs possibilités de correction.

 Choisissez `declare instance` parce que nous souhaitons que `cells` soit une variable d'instance.

Enfin, Pharo va se plaindre à propos du message `newCellAt:at:` envoyé à la dernière ligne ; ce n'est pas non plus une erreur, confirmez donc ce message aussi.

Si vous regardez maintenant de nouveau la définition de classe (en cliquant sur le bouton `[instance]`), vous allez voir que la définition a été modifiée pour inclure la variable d'instance `cells`.

Examinons plus précisément cette méthode `initialize`. La ligne `| sampleCell width height n |` déclare 4 variables temporaires. Elles sont appelées variables temporaires car leur portée et leur durée de vie sont limitées à cette méthode. Des variables temporaires avec des noms explicites sont utiles afin de rendre le code plus lisible. Smalltalk n'a pas de syntaxe spéciale pour distinguer les constantes et les variables et en fait, ces 4 "variables" sont ici des constantes. Les lignes 4 à 7 définissent ces constantes.

Quelle doit être la taille de notre plateau de jeu ? Assez grande pour pouvoir contenir un certain nombre de cellules et pour pouvoir dessiner un bord autour d'elles. Quel est le bon nombre de cellules ? 5 ? 10 ? 100 ? Nous ne le savons pas pour l'instant et si nous le savions, il y aurait des chances pour que nous changions d'idée par la suite. Nous déléguons donc la responsabilité de connaître ce nombre à une autre méthode, que nous appelons `cellsPerSide` et que nous écrirons bientôt. C'est parce que nous envoyons le message `cellsPerSide` avant de définir une méthode avec ce nom que Pharo nous demande "confirm, correct, or cancel" (*c-à-d.* "confirmez, corrigez ou annulez") lorsque nous acceptons le corps de la méthode `initialize`. **Que cela ne vous inquiète pas :** c'est en fait une bonne pratique d'écrire en fonction d'autres méthodes qui ne sont pas encore définies. Pourquoi ? En fait, ce n'est que quand nous avons commencé à écrire la méthode `initialize` que nous nous sommes rendu compte que nous en avions besoin, et à ce point, nous lui avons donné un nom significatif et nous avons poursuivi, sans nous interrompre.

La quatrième ligne utilise cette méthode : le code `Smalltalk self cellsPerSide` envoie le message `cellsPerSide` à `self`, *c-à-d.* à l'objet lui-même. La réponse, qui sera le nombre de cellules par côté du plateau de jeu, est affectée à `n`.

Les trois lignes suivantes créent un nouvel objet SBCell et assignent sa largeur et sa hauteur aux variables temporaires appropriées.

La ligne 8 fixe la valeur de bounds (définissant les limites) du nouvel objet. Ne vous inquiétez pas trop sur les détails pour l'instant. Croyez-nous : l'expression entre parenthèses crée un carré avec comme origine (*c*-à-*d*. son coin haut à gauche) le point (5,5) et son coin bas droit suffisamment loin afin d'avoir de l'espace pour le bon nombre de cellules.

La dernière ligne affecte la variable d'instance `cells` de l'objet SBGame à un nouvel objet Matrix avec le bon nombre de lignes et de colonnes. Nous réalisons cela en envoyant le message `new:tabulate:` à la classe Matrix (les classes sont des objets aussi, nous pouvons leur envoyer des messages). Nous savons que `new:tabulate:` prend deux arguments parce qu'il y a deux fois deux points (:) dans son nom. Les arguments arrivent à droite après les deux points. Si vous êtes habitué à des langages de programmation où les arguments sont tous mis à l'intérieur de parenthèses, ceci peut sembler surprenant dans un premier temps. Ne vous inquiétez pas, c'est juste de la syntaxe ! Cela s'avère être une excellente syntaxe car le nom de la méthode peut être utilisé pour expliquer le rôle des arguments. Par exemple, il est très clair que `Matrix rows:5 columns:2` a 5 lignes et 2 colonnes et non pas 2 lignes et 5 colonnes.

`Matrix new: n tabulate: [:i :j | self newCellAt: i at: j]` crée une nouvelle matrice de taille $n \times n$ et initialise ses éléments. La valeur initiale de chaque élément dépend de ses coordonnées. L'élément (i,j) sera initialisé avec le résultat de l'évaluation de `self newCellAt: i at: j`.

Voilà pour `initialize!` ! Lorsque vous acceptez cette méthode, vous pouvez également simultanément en profiter pour formater proprement votre code. Vous n'avez pas besoin de faire cela à la main : à partir du menu déclenché par le bouton jaune de la souris, sélectionnez `more ... > prettyprint`, et le navigateur vous formatera le code pour vous. Vous n'avez qu'à faire `accept` après avoir choisi ce nouveau formatage en pretty-print ou bien, si le résultat ne vous plaît pas, vous pouvez utiliser le raccourci-clavier `cancel` (CMD-*L* — ceci est un *L* en minuscule) pour annuler. Vous pouvez également configurer votre navigateur de code pour toujours formater élégamment le code chaque fois qu'il vous l'affiche : utilisez pour ce faire le bouton le plus à droite dans la barre de boutons de votre navigateur de classe afin d'ajuster la vue.

Si vous utilisez beaucoup le menu `more ...`, sachez que vous pouvez appuyer sur la touche SHIFT lorsque vous cliquez afin de le faire apparaître directement.

2.7 Organiser les méthodes en protocoles

Avant de définir de nouvelles méthodes, attardons-nous un peu sur le troisième panneau en haut du navigateur. De la même façon que le premier panneau du navigateur nous permet de catégoriser les classes de telle sorte que nous ne soyons pas submergés par une liste de noms de classes trop longue dans le second panneau, le troisième panneau nous permet de catégoriser les méthodes de telle sorte que n'ayons pas une liste de méthodes trop longue dans le quatrième panneau. Ces catégories de méthodes sont appelées “protocoles”.

S'il n'y avait que quelques méthodes par classe, ce niveau hiérarchique supplémentaire ne serait pas vraiment nécessaire. C'est pour cela que le navigateur offre un protocole virtuel `--all--` (*c-à-d.* “tout” en français) qui, vous ne serez pas surpris de l'apprendre, contient toutes les méthodes de la classe.

Si vous avez suivi l'exemple jusqu'à présent, le troisième panneau doit contenir le protocole *as yet unclassified*³.

 Sélectionnez avec le bouton jaune de la souris l'élément du menu `categorize all uncategorized` afin de régler ce problème et déplacer les méthodes `initialize` vers un nouveau protocole appelé `initialization`.

Comment Pharo sait que c'est le bon protocole ? En général, Pharo ne peut pas le savoir mais dans notre cas, il y a aussi une méthode `initialize` dans la super-classe et Pharo suppose que notre méthode `initialize` doit être rangée dans la même catégorie que celle qu'elle surcharge.

Vous pouvez également vous rendre compte que Pharo a déjà rangé votre méthode `initialize` dans le protocole `initialization`. Si c'est le cas, c'est probablement que vous avez chargé un paquetage nommé `AutomaticMethodCategorizer` dans votre image.

Une convention typographique. Les Smalltalkiens utilisent fréquemment la notation “`>>`” afin d'identifier la classe à laquelle la méthode appartient, ainsi par exemple, la méthode `cellsPerSide` de la classe `SBEGame` sera référencée par `SBEGame>>cellsPerSide`. Afin d'indiquer que cela ne fait pas partie de la syntaxe de Smalltalk, nous utiliserons plutôt le symbole spécial » de telle sorte que cette méthode apparaîtra dans le texte comme `SBEGame»cellsPerSide`

À partir de maintenant, lorsque nous voudrons montrer une méthode dans ce livre, nous écrirons le nom de cette méthode sous cette forme. Bien sûr, lorsque vous tapez le code dans un navigateur, vous n'avez pas à taper le nom de la classe ou le » ; vous devrez juste vous assurer que la classe

3. NdT : non encore classifié.

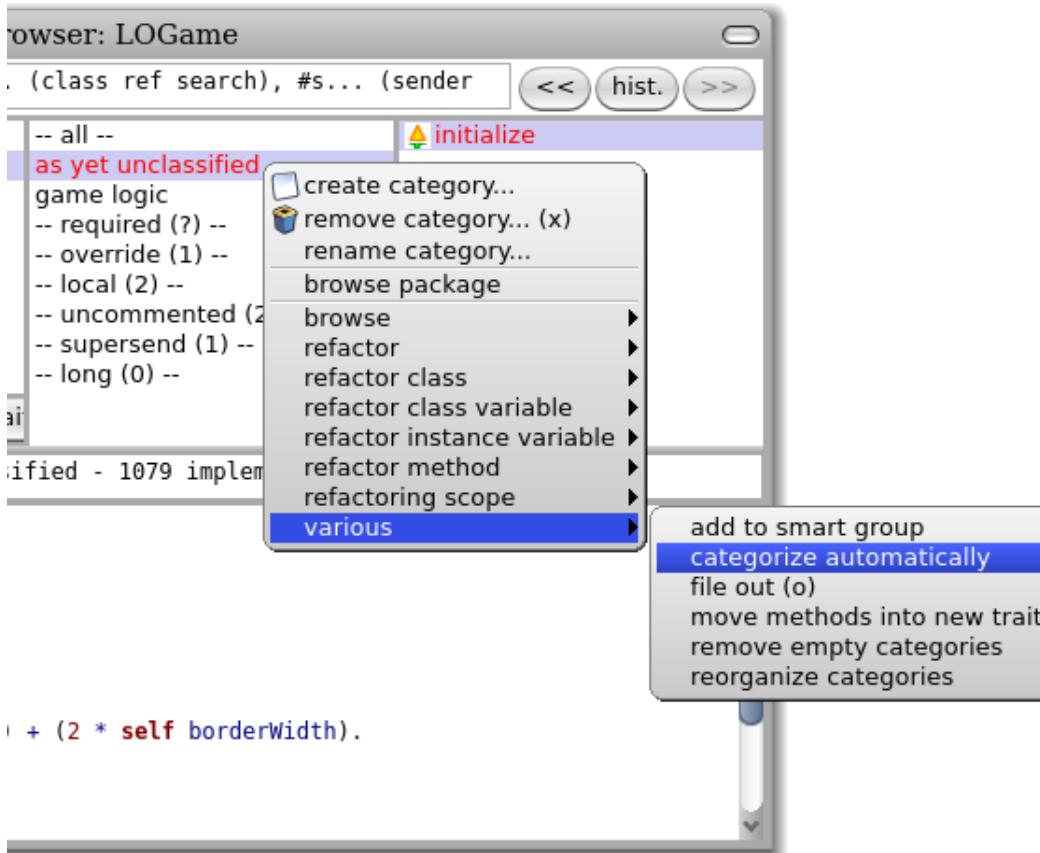


FIGURE 2.10 – Catégoriser toutes les méthodes non catégorisées.

appropriée est sélectionnée dans le panneau des classes.

Définissons maintenant les autres méthodes qui sont utilisées par la méthode SBEGame»initialize. Les deux peuvent être mises dans le protocole *initialization*.

Méthode 2.5 – Une méthode constante

SBEGame»cellsPerSide

"Le nombre de cellules le long de chaque côté du jeu"

↑ 10

Cette méthode ne peut pas être plus simple : elle retourne la constante 10. Représenter les constantes comme des méthodes a comme avantage que si le programme évolue de telle sorte que la constante dépende d'autres propriétés, la méthode peut être modifiée pour calculer la valeur.

Méthode 2.6 – Une méthode d'aide à l'initialisation

```
SBEGame»newCellAt: i at: j
    "Crée une cellule à la position (i,j) et l'ajoute dans ma représentation graphique à la
     position correcte. Retourne une nouvelle cellule"
| c origin |
c := SBECCell new.
origin := self innerBounds origin.
self addMorph: c.
c position: ((i - 1) * c width) @ ((j - 1) * c height) + origin.
c mouseAction: [self toggleNeighboursOfCellAt: i at: j]
```

 Ajoutez les méthodes SBEGame»cellsPerSide et SBEGame»newCellAt:at:.

Confirmez que les sélecteurs toggleNeighboursOfCellAt:at: et mouseAction: s'épellent correctement.

La méthode 2.6 retourne une nouvelle cellule SBECCell à la position (i,j) dans la matrice (Matrix) de cellules. La dernière ligne définit l'action de la souris (mouseAction) associée à la cellule comme le *bloc* [self toggleNeighboursOfCellAt:i at:j]. En effet, ceci définit le comportement de rappel ou *callback* à effectuer lorsque nous cliquons à la souris. La méthode correspondante doit être aussi définie.

Méthode 2.7 – La méthode callback

```
SBEGame»toggleNeighboursOfCellAt: i at: j
(i > 1) ifTrue: [ (cells at: i - 1 at: j) toggleState].
(i < self cellsPerSide) ifTrue: [ (cells at: i + 1 at: j) toggleState].
(j > 1) ifTrue: [ (cells at: i at: j - 1) toggleState].
(j < self cellsPerSide) ifTrue: [ (cells at: i at: j + 1) toggleState]
```

La méthode 2.7 (traduisible par “change les voisins de la cellule...”) change l'état des 4 cellules au nord, sud, ouest et est de la cellule (i, j). La seule complication est que le plateau de jeu est fini. Il faut donc s'assurer qu'une cellule voisine existe avant de changer son état.

 Placez cette méthode dans un nouveau protocole appelé game logic (pour “logique du jeu”) que vous aurez créé grâce au menu contextuel accessible via le bouton jaune de la souris dans le panneau des protocoles en cliquant sur `create category...`

Pour déplacer cette méthode, vous devez simplement cliquer sur son nom puis la glisser-déposer sur le nouveau protocole (voir la figure 2.11).

Afin de compléter le jeu de Quinto, nous avons besoin de définir encore deux méthodes dans la classe SBECCell pour de gérer les événements souris.

Méthode 2.8 – Un mutateur typique

```
SBECCell»mouseAction: aBlock
↑ mouseAction := aBlock
```

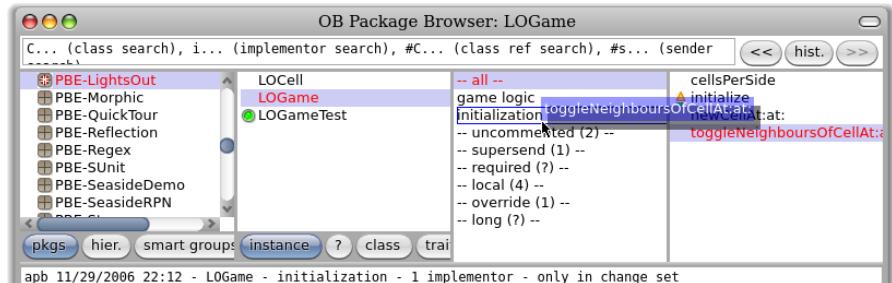


FIGURE 2.11 – Faire un glisser-déposer de la méthode dans un protocole.

La seule action de la méthode 2.8 consiste à donner comme valeur à la variable `mouseAction` celle de l'argument puis, à en retourner la nouvelle valeur. Toute méthode qui *change* la valeur d'une variable d'instance de cette façon est appelée une *méthode d'accès en écriture* ou *mutateur* (vous pourrez trouver dans la littérature le terme anglais *setter*) ; une méthode qui *retourne* la valeur courante d'une variable d'instance est appelée une *méthode d'accès en lecture* ou *accesseur* (le mot anglais équivalent est *getter*).

Si vous êtes habitués aux méthodes d'accès en lecture (*getter*) et écriture (*setter*) dans d'autres langages de programmation, vous vous attendez à avoir deux méthodes nommées `getMouseAction` et `setMouseAction`. La convention en Smalltalk est différente. Une méthode d'accès en lecture a toujours le même nom que la variable correspondante et la méthode d'accès en écriture est nommée de la même manière avec un ":" à la fin ; ici nous avons donc `mouseAction` et `mouseAction:`.

Une méthode d'accès (en lecture ou en écriture) est appelée en anglais *accessor* et par convention, elle doit être placée dans le protocole *accessing*. En Smalltalk, toutes les variables d'instances sont privées à l'objet qui les possède, ainsi la seule façon pour un autre objet de lire ou de modifier ces variables en Smalltalk se fait au travers de ces méthodes d'accès comme ici⁴.

Allez à la classe SBECell, définissez SBECell»mouseAction: et mettez-la dans le protocole accessing.

Finalement, vous avez besoin de définir la méthode `mouseUp:` ; elle sera appellée automatiquement par l'infrastructure (ou *framework*) graphique si le bouton de la souris est pressé lorsque le pointeur de celle-ci est au-dessus d'une cellule sur l'écran.

Méthode 2.9 – Un gestionnaire d'événement

SBECell»mouseUp: anEvent

4. En fait, les variables d'instances peuvent être accédées également dans les sous-classes.

```
mouseAction value
```

- ⌚ Ajoutez la méthode SBECCell»mouseUp: définissant l'action lorsque le bouton de la souris est relâché puis, faites categorize all uncategorized.

Que fait cette méthode ? Elle envoie le message value à l'objet stocké dans la variable d'instance mouseAction. Rappelez-vous que dans la méthode SBEGame »newCellAt: i at: j nous avons affecté le fragment de code qui suit à mouseAction :

```
[self toggleNeighboursOfCellAt: i at: j]
```

Envoyer le message value provoque l'évaluation de ce bloc (toujours entre crochets, voir le chapitre 3) et, par voie de conséquence, est responsable du changement d'état des cellules.

2.8 Essayons notre code

Voilà, le jeu de Quinto est complet !

Si vous avez suivi toutes les étapes, vous devriez pouvoir jouer au jeu qui comprend 2 classes et 7 méthodes.

- ⌚ Dans un espace de travail, tapez SBEGame new openInWorld et faites do it.

Le jeu devrait s'ouvrir et vous devriez pouvoir cliquer sur les cellules et vérifier si le jeu fonctionne.

Du moins en théorie... Lorsque vous cliquez sur une cellule une fenêtre de *notification* appelée la fenêtre PreDebugWindow devrait apparaître avec un message d'erreur ! Comme nous pouvons le voir sur la figure 2.12, elle dit MessageNotUnderstood: SBEGame»toggleState.

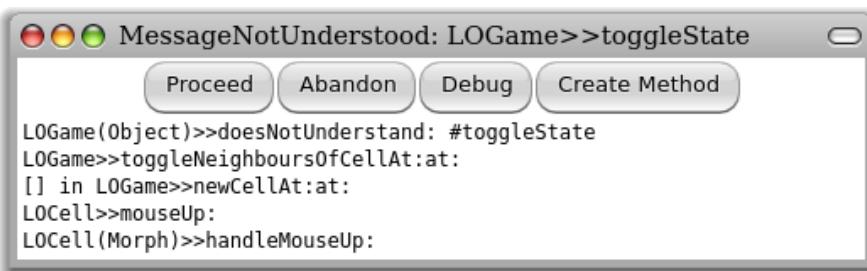


FIGURE 2.12 – Il y a une erreur dans notre jeu lorsqu'une cellule est sélectionnée !

Que se passe-t-il ? Afin de le découvrir, utilisons l'un des outils les plus puissants de Smalltalk, le débogueur.

Cliquez sur le bouton `debug` de la fenêtre de notification.

Le débogueur devrait apparaître. Dans la partie supérieure de la fenêtre du débogueur, nous pouvons voir la pile d'exécution, affichant toutes les méthodes actives ; en sélectionnant l'une d'entre elles, nous voyons dans le panneau du milieu le code Smalltalk en cours d'exécution dans cette méthode, avec la partie qui a déclenchée l'erreur en caractère gras.

Cliquez sur la ligne nommée `SBEGame»toggleNeighboursOfCellAt:at:` (près du haut).

Le débogueur vous montrera le contexte d'exécution à l'intérieur de la méthode où l'erreur s'est déclenchée (voir la figure 2.13).

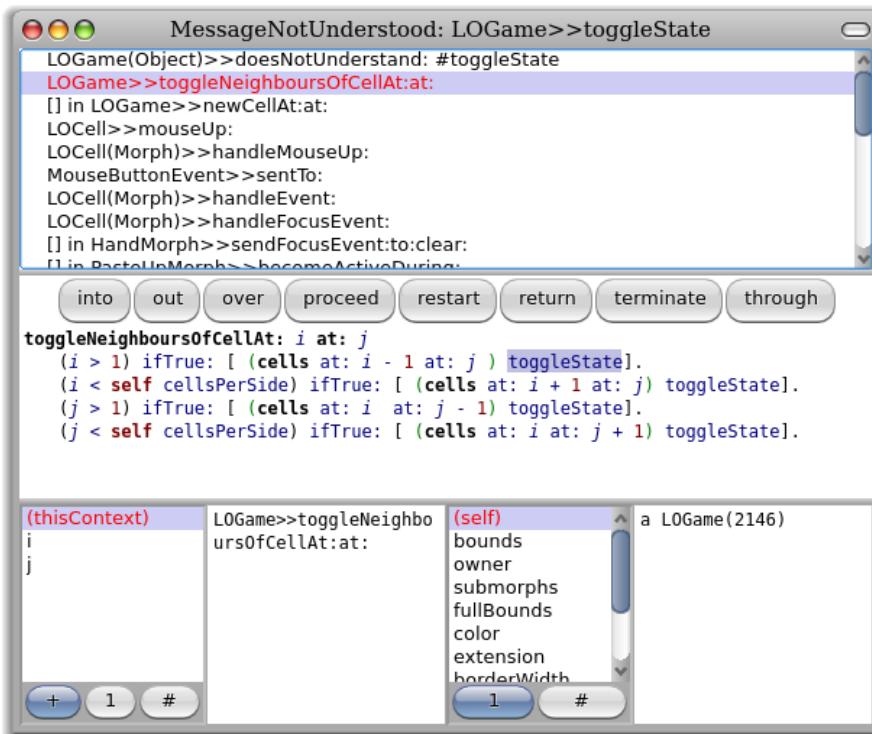


FIGURE 2.13 – Le débogueur avec la méthode `toggleNeighboursOfCell:at:` sélectionnée.

Dans la partie inférieure du débogueur, il y a deux petites fenêtres d'inspection. Sur la gauche, vous pouvez inspecter l'objet-recepteur du message qui cause l'exécution de la méthode sélectionnée. Vous pouvez voir ici les valeurs des variables d'instance. Sur la droite, vous pouvez inspecter l'objet qui représente la méthode en cours d'exécution. Il est possible d'examiner ici

les valeurs des paramètres et les variables temporaires.

En utilisant le débogueur, vous pouvez exécuter du code pas à pas, inspecter les objets dans les paramètres et les variables locales, évaluer du code comme vous le faites dans le Workspace et, de manière surprenante pour ceux qui sont déjà habitués à d'autres débogueurs, il est possible de modifier le code en cours de débogage ! Certains Smalltalkiens programment la plupart du temps dans le débogueur, plutôt que dans le navigateur de classes. L'avantage est certain : la méthode que vous écrivez est telle qu'elle sera exécutée *c-à-d.* avec ses paramètres dans son contexte actuel d'exécution.

Dans notre cas, vous pouvez voir dans la première ligne du panneau du haut que le message `toggleState` a été envoyé à une instance de `SBEGame`, alors qu'il était clairement destiné à une instance de `SBECell`. Le problème se situe vraisemblablement dans l'initialisation de la matrice `cells`. En parcourant le code de `SBEGame»initialize`, nous pouvons voir que `cells` est rempli avec les valeurs rentrées par `newCellAt:at:`, mais lorsque nous regardons cette méthode, nous constatons qu'il n'y a pas de valeur rentrée ici ! Par défaut, une méthode retourne `self`, ce qui dans le cas de `newCellAt:at:` est effectivement une instance de `SBEGame`.

 Fermez la fenêtre du débogueur. Ajoutez l'expression "`↑ c`" à la fin de la méthode `SBEGame»newCellAt:at:` de telle sorte qu'elle retourne `c` (voir la méthode 2.10).

Méthode 2.10 – Corriger l'erreur

`SBEGame»newCellAt: i at: j`

"Crée une cellule à la position (i,j) et l'ajoute dans ma représentation graphique à la position correcte. Retourne une nouvelle cellule"

```
| c origin |
c := SBECell new.
origin := self innerBounds origin.
self addMorph: c.
c position: ((i - 1) * c width) @ ((j - 1) * c height) + origin.
c mouseAction: [self toggleNeighboursOfCellAt: i at: j].
↑ c
```

Rappelez-vous ce que nous avons vu dans le chapitre 1 : pour renvoyer une valeur d'une méthode en Smalltalk, nous utilisons `↑`, que nous pouvons obtenir en tapant `^`.

Il est souvent possible de corriger le code directement dans la fenêtre du débogueur et de poursuivre l'application en cliquant sur `Proceed`. Dans notre cas, la chose la plus simple à faire est de fermer la fenêtre du débogueur, détruire l'instance en cours d'exécution (avec le halo Morphic) et d'en créer une nouvelle, parce que le bug ne se situe pas dans une méthode erronée mais dans l'initialisation de l'objet.

 Exécutez `SBEGame new openInWorld` de nouveau.

Le jeu doit maintenant se dérouler sans problèmes.

2.9 Sauvegarder et partager le code Smalltalk

Maintenant que nous avons un jeu de Quinto qui fonctionne, vous avez probablement envie de le sauvegarder quelque part de telle sorte à pouvoir le partager avec des amis. Bien sûr, vous pouvez sauvegarder l'ensemble de votre image Pharo et montrer votre premier programme en l'exécutant, mais vos amis ont probablement leur propre code dans leurs images et ne veulent pas sans passer pour utiliser votre image. Nous avons donc besoin de pouvoir extraire le code source d'une image Pharo afin que d'autres développeurs puissent le charger dans leurs images.

La façon la plus simple de le faire est d'effectuer une exportation ou sortie-fichier (*filing out*) de votre code. Le menu activé par le bouton jaune dans le panneau de catégories-système vous permet de générer un fichier correspondant à l'ensemble de la catégorie *PBE-LightsOut*. Le fichier résultant est plus lisible par tout un chacun, même si son contenu est plutôt destiné aux machines qu'aux hommes. Vous pouvez envoyer par email ce fichier à vos amis et ils peuvent le charger dans leurs propres images Pharo en utilisant le navigateur de fichiers File List Browser.

 Sélectionnez à l'aide du bouton jaune la catégorie *PBE-LightsOut* et choisissez `fileOut` pour exporter le contenu.

Vous devriez trouver maintenant un fichier *PBE-LightsOut.st* dans le même répertoire où votre image a été sauvegardée. Jetez un coup d'œil à ce fichier avec un éditeur de texte.

 Ouvrez une nouvelle image Pharo et utilisez l'outil File List Browser pour faire une importation de fichier via l'option de menu `file in` dans le fichier *PBE-LightsOut.st*. Vérifiez que le jeu fonctionne maintenant dans une nouvelle image.

Les paquetages Monticello

Bien que les exportations de fichiers soient une façon convenable de faire des sauvegardes du code que vous avez écrit, elles font maintenant partie du passé. Tout comme la plupart des développeurs de projets libres *Open-Source* qui trouvent plus utile de maintenir leur code dans des dépôts en utilisant CVS⁵ ou Subversion⁶, les programmeurs sur Pharo gèrent maintenant leur code au moyen de paquetages Monticello (dit, en anglais, *packages*) : ces paquetages sont représentés comme des fichiers dont le nom se termine en

5. <http://www.nongnu.org/cvs>

6. <http://subversion.tigris.org>

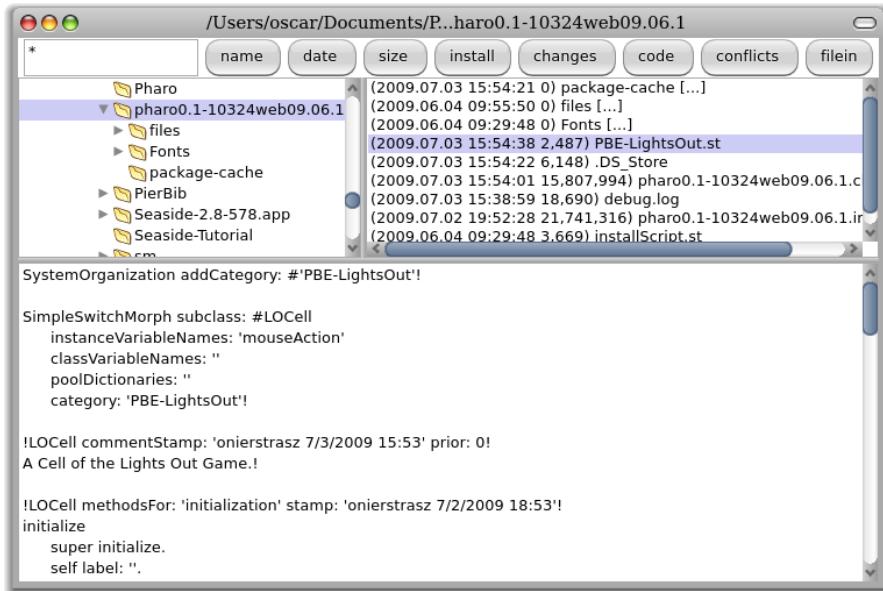


FIGURE 2.14 – Charger le code source dans Pharo.

.mcz ; ce sont en fait des fichiers compressés en *zip* qui contiennent le code complet de votre paquetage.

En utilisant le navigateur de paquetages Monticello, vous pouvez sauver les paquetages dans des dépôts en utilisant de nombreux types de serveurs, notamment des serveurs FTP et HTTP ; vous pouvez également écrire vos paquetages dans un dépôt qui se trouve dans un répertoire de votre système local de fichiers. Une copie de votre paquetage est toujours *en cache* sur disque local dans le répertoire *package-cache*. Monticello vous permet de sauver de multiples versions de votre programme, fusionner des versions, revenir à une ancienne version et voir les différences entre plusieurs versions. En fait, nous retrouvons les mêmes types d’opérations auxquelles vous pourriez être habitués en utilisant CVS ou Subversion pour partager votre travail.

Vous pouvez également envoyer un fichier .mcz par email. Le destinataire devra le placer dans son répertoire *package-cache* ; il sera alors capable d’utiliser Monticello pour le parcourir et le charger.

 Ouvrez le navigateur Monticello (*Monticello Browser*) en sélectionnant le menu World > open ... > Monticello Browser.

Dans la partie droite du navigateur (voir la figure 2.15), il y a une liste des dépôts Monticello incluant tous les dépôts desquels du code a été chargé dans l’image que vous utilisez.

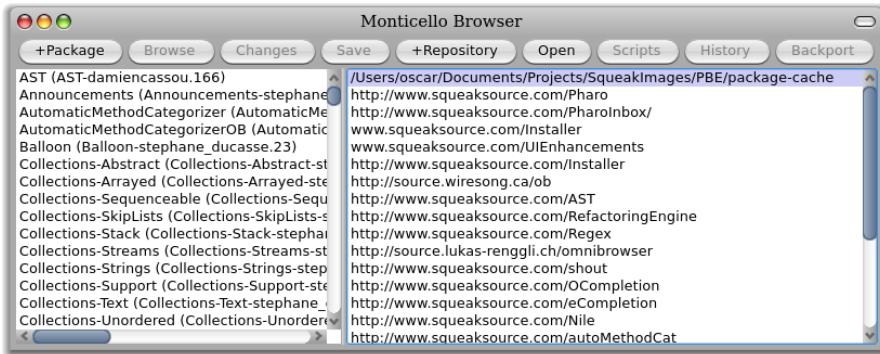


FIGURE 2.15 – Le navigateur Monticello.

En haut de la liste dans le navigateur Monticello, il y a un dépôt dans un répertoire local appelé *package cache* : il s'agit d'un répertoire-cache pour des copies de paquetages que vous avez chargé ou publié sur le réseau. Ce cache est vraiment utile car il vous permet de garder votre historique local. Il vous permet également de travailler là où vous n'avez pas d'accès Internet ou lorsque l'accès est si lent que vous n'avez pas envie de sauver fréquemment sur un dépôt distant.

Sauvegarder et charger du code avec Monticello

Dans la partie gauche du navigateur Monticello, il y a une liste de paquetages dont vous avez une version chargée dans votre image ; les paquetages qui ont été modifiés depuis qu'ils ont été chargés sont marqués d'une astérisque (ils sont parfois appelés des *dirty packages*). Si vous sélectionnez un paquetage, la liste des dépôts est restreinte à ceux qui contiennent une copie du paquetage sélectionné.

Qu'est-ce qu'un paquetage ? Pour l'instant, vous pouvez penser le paquetage comme un groupe de classes et de catégories de méthodes qui partagent le même préfixe. Comme nous avons mis tout le code du jeu Quinto dans la catégorie de classes appelée *PBE-LightsOut*, nous pouvons le désigner comme le paquetage *PBE-LightsOut*.

 Ajoutez le paquetage *PBE-LightsOut* à votre navigateur Monticello en utilisant le bouton **+Package**.

SqueakSource : un SourceForge pour Pharo

Nous pensons que la meilleure façon de sauvegarder votre code et de le partager est de créer un compte sur un serveur SqueakSource. SqueakSource est similaire à SourceForge⁷ : il s'agit d'un *frontal web* à un serveur Monticello HTTP qui vous permet de gérer vos projets. Il y a un serveur public SqueakSource à l'adresse <http://www.squeakscale.com> et une copie du code concernant ce livre est enregistrée sur <http://www.squeakscale.com/SqueakByExample.html>. Vous pouvez consulter ce projet à l'aide d'un navigateur internet, mais il est beaucoup plus productif de le faire depuis Pharo en utilisant l'outil *ad hoc*, le navigateur Monticello, qui vous permet de gérer vos paquetages.

 Ouvrez un navigateur web à l'adresse <http://www.squeakscale.com>. Ouvrez un compte et ensuite, créez un projet (c-à-d. via "register").

SqueakSource va vous montrer l'information que vous devez utiliser lorsque nous ajoutons un dépôt au moyen de Monticello.

Une fois que votre projet a été créé sur SqueakSource, vous devez indiquer au système Pharo de l'utiliser.

 Avec le paquetage PBE-LightsOut sélectionné, cliquez sur le bouton **+Repository** dans le navigateur Monticello.

Vous verrez une liste des différents types de dépôts disponibles ; pour ajouter un dépôt SqueakSource, sélectionner le menu **HTTP**. Une boîte de dialogue vous permettra de rentrer les informations nécessaires pour le serveur. Vous devez copier le modèle ci-dessous pour identifier votre projet SqueakSource, copiez-le dans Monticello en y ajoutant vos initiales et votre mot de passe :

```
MCHttpRepository
location: 'http://www.squeakscale.com/VotreProjet'
user: 'vosInitiales'
password: 'votreMotDePasse'
```

Si vous passez en paramètre des initiales et un mot de passe vide, vous pouvez toujours charger le projet, mais vous ne serez pas autorisé à le mettre à jour :

```
MCHttpRepository
location: 'http://www.squeakscale.com/SqueakByExample'
user: ""
password: ""
```

Une fois que vous avez accepté ce modèle, un nouveau dépôt doit apparaître dans la partie droite du navigateur Monticello.

7. <http://www.sourceforge.net>

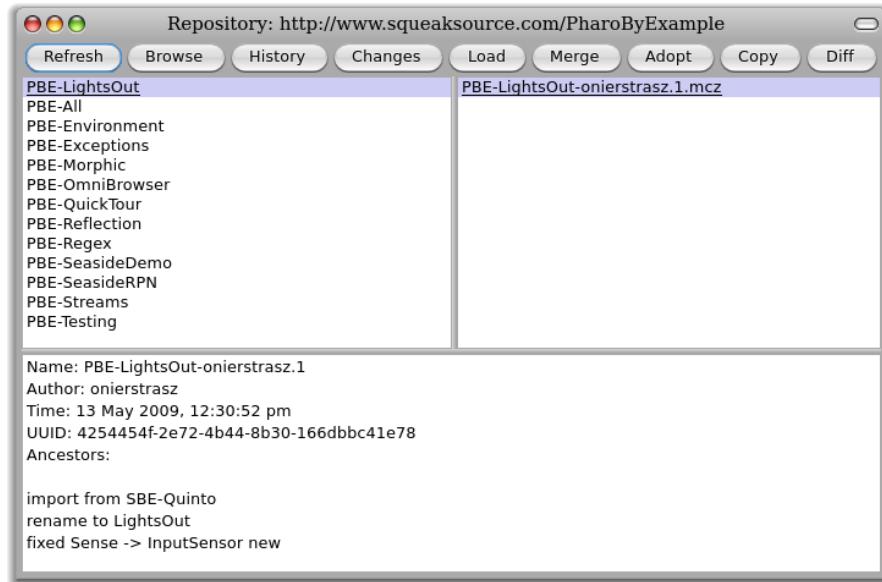


FIGURE 2.16 – Parcourir un dépôt Monticello.

 Cliquez sur le bouton **Save** pour faire une première sauvegarde du jeu de Quinto sur SqueakSource.

Pour charger un paquetage dans votre image, vous devez d'abord sélectionner une version particulière. Vous pouvez faire cela dans le navigateur de dépôt, que vous pouvez ouvrir avec le bouton **Open** ou via le menu accessible par le bouton jaune de la souris. Une fois que vous avez sélectionné une version, vous pouvez la charger dans votre image.

 Ouvrez le dépôt PBE-LightsOut que vous venez de sauvegarder.

Monticello a beaucoup d'autres fonctionnalités qui seront discutées plus en détail dans le chapitre 6. Vous pouvez également consulter la documentation en ligne de Monticello à l'adresse <http://www.wiresong.ca/Monticello/>.

2.10 Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons vu comment créer des catégories, des classes et des méthodes. Nous avons vu aussi comment utiliser le navigateur de classes (System Browser), l'inspecteur, le débogueur et le navigateur Monticello.

- Les catégories sont des groupes de classes connexes.

- Une nouvelle classe est créée en envoyant un message à sa super-classe.
- Les protocoles sont des groupes de méthodes connexes.
- Une nouvelle méthode est créée ou modifiée en éditant la définition dans le navigateur de classes et en *acceptant* les modifications.
- L'inspecteur offre une manière simple et générale pour inspecter et interagir avec des objets arbitraires.
- Le navigateur de classes détecte l'utilisation de méthodes et de variables non déclarées et propose d'éventuelles corrections.
- La méthode `initialize` est automatiquement exécutée après la création d'un objet dans Pharo. Vous pouvez y mettre le code d'initialisation que vous voulez.
- Le débogueur est une interface de haut niveau pour inspecter et modifier l'état d'un programme en cours d'exécution.
- Vous pouvez partager le code source en sauvegardant une catégorie sous forme d'un fichier d'exportation.
- Une meilleure façon de partager le code consiste à faire appel à Monticello afin de gérer un dépôt externe défini, par exemple, comme un projet SqueakSource.

Chapitre 3

Un résumé de la syntaxe

Pharo, comme la plupart des dialectes modernes de Smalltalk, adopte une syntaxe proche de celle de Smalltalk-80. La syntaxe est conçue de telle sorte que le texte d'un programme lu à haute voix ressemble à de l'*English pidgin* ou "anglais simplifié" :

```
(Smalltalk includes: Class) ifTrue: [ Transcript show: Class superclass ]
```

La syntaxe de Pharo (*c-à-d.* les expressions) est minimaliste ; pour l'essentiel, conçue uniquement pour *envoyer des messages*. Les expressions sont construites à partir d'un nombre très réduit de primitives. Smalltalk dispose seulement de 6 mots-clés et d'aucune syntaxe pour les structures de contrôle, ni pour les déclarations de nouvelles classes. En revanche, tout ou presque est réalisable en envoyant des messages à des objets. Par exemple, à la place de la structure de contrôle conditionnelle *si-alors-sinon*, Smalltalk envoie des messages comme `ifTrue:` à des **objets booléens**. Les nouvelles (sous-)classes sont créées en envoyant un message à leur super-classe.

3.1 Les éléments syntaxiques

Les expressions sont composées des blocs constructeurs suivants :

- (i) six mots-clés réservés ou *pseudo-variables* : `self`, `super`, `nil`, `true`, `false`, `and` `thisContext` ;
- (ii) des expressions constantes pour des *objets littéraux* comprenant les nombres, les caractères, les chaînes de caractères, les symboles et les tableaux ;
- (iii) des déclarations de variables ;
- (iv) des affectations ;

Syntaxe	ce qu'elle représente
startPoint	un nom de variable
Transcript	un nom de variable globale
self	une pseudo-variable
1	un entier decimal
2r101	un entier binaire
1.5	un nombre flottant
2.4e7	une notation exponentielle
\$a	le caractère 'a'
'Bonjour'	la chaîne "Bonjour"
#Bonjour	le symbole #Bonjour
#{1 2 3}	un tableau de littéraux
{1. 2. 1+2}	un tableau dynamique
"c'est mon commentaire"	un commentaire
x y	une déclaration de 2 variables x et y
x := 1	affectation de 1 à x
[x + y]	un bloc qui évalue x+y
<primitive: 1>	une primitive de la VM ¹ ou annotation
3 factorial	un message unaire
3 + 4	un message binaire
2 raisedTo: 6 modulo: 10	un message à mots-clés
↑ true	retourne la valeur true pour vrai
Transcript show: 'bonjour'. Transcript cr	un séparateur d'expression (.)
Transcript show: 'bonjour'; cr	un message en cascade (;)

TABLE 3.1 – Résumé de la syntaxe de Pharo

- (v) des blocs ou fermetures lexicales – *block closures* en anglais – et ;
 (vi) des messages.

Dans la table 3.1, nous pouvons voir des exemples divers d'éléments syntaxiques.

Les variables locales. startPoint est un nom de variable ou identifiant. Par convention, les identifiants sont composés de mots au format d'écriture *casse chameau* ("camelCase") : chaque mot excepté le premier débute par une lettre majuscule. La première lettre d'une variable d'instance, d'une méthode ou d'un bloc argument ou d'une variable temporaire doit être en minuscule. Ce qui indique au lecteur que la portée de la variable est privée .

Les variables partagées. Les identifiants qui débutent par une lettre majuscule sont des variables globales, des variables de classes, des diction-

naires de pool ou des noms de classes. Transcript est une variable globale, une instance de la classe TranscriptStream.

Le receveur. self est un mot-clé qui pointe vers l'objet sur lequel la méthode courante s'exécute. Nous le nommons "le receveur" car cet objet devra normalement recevoir le message qui provoque l'exécution de la méthode. self est appelé une "pseudo-variable" puisque nous ne pouvons rien lui affecter.

Les entiers. En plus des entiers décimaux habituels comme 42, Pharo propose aussi une notation en base numérique ou *radix*. 2r101 est 101 en base 2 (*c-à-d.* en binaire), qui est égal à l'entier décimal 5.

Les nombres flottants. Ils peuvent être spécifiés avec leur exposant en base dix : 2.4e7 est 2.4×10^7 .

Les caractères. Un signe dollar définit un caractère : \$a est le littéral pour 'a'. Des instances de caractères non-imprimables peuvent être obtenues en envoyant des messages ad hoc à la classe Character, tel que Character space et Character tab.

Les chaînes de caractères. Les apostrophes sont utilisées pour définir un littéral chaîne. Si vous désirez une chaîne comportant une apostrophe, il suffira de doubler l'apostrophe, comme dans 'aujourd"'hui'.

Les symboles. Ils ressemblent à des chaînes de caractères, en ce sens qu'ils comportent une suite de caractères. Mais contrairement à une chaîne, un symbole doit être globalement unique. Il y a seulement un objet symbole #Bonjour mais il peut y avoir plusieurs objets chaînes de caractères ayant la valeur 'Bonjour'.

Les tableaux définis à la compilation. Ils sont définis par #(), les objets littéraux sont séparés par des espaces. À l'intérieur des parenthèses, tout doit être constant durant la compilation. Par exemple, #(27 #(true false) abc) est un tableau littéral de trois éléments : l'entier 27, le tableau à la compilation contenant deux booléens et le symbole #abc.

Les tableaux définis à l'exécution. Les accolades {} définissent un tableau (dynamique) à l'exécution. Ses éléments sont des expressions séparées par des points. Ainsi { 1. 2. 1+2 } définit un tableau dont les éléments sont 1, 2 et le résultat de l'évaluation de 1+2 (la notation entre accolades est particulière à Pharo et à Squeak). Dans d'autres Smalltalks vous devez explicitement construire des tableaux dynamiques).

Les commentaires. Ils sont encadrés par des guillemets. "Bonjour le commentaire" est un commentaire et non une chaîne ; donc il est ignoré par le compilateur de Pharo. Les commentaires peuvent se répartir sur plusieurs lignes.

Les définitions des variables locales. Des barres verticales || limitent les déclarations d'une ou plusieurs variables locales dans une méthode (ainsi que dans un bloc).

L'affectation. := affecte un objet à une variable.

Les blocs. Des crochets [] définissent un bloc, aussi connu sous le nom de *block closure* ou fermeture lexicale, laquelle est un objet à part entière représentant une fonction. Comme nous le verrons, les blocs peuvent avoir des arguments et des variables locales.

Les primitives. <primitive: ...> marque l'invocation d'une primitive de la VM ou machine virtuelle (<primitive: 1> est la primitive de SmallInteger»+). Tout code suivant la primitive est exécuté seulement si la primitive échoue. La même syntaxe est aussi employée pour des annotations de méthode.

Les messages unaires. Ce sont des simples mots (comme factorial) envoyés à un receveur (comme 3).

Les messages binaires. Ce sont des opérateurs (comme +) envoyés à un receveur et ayant un seul argument. Dans 3+4, le receveur est 3 et l'argument est 4.

Les messages à mots-clés. Ce sont des mots-clés multiples (comme raisedTo:modulo:), chacun se terminant par un deux-points (:) et ayant un seul argument. Dans l'expression 2 raisedTo: 6 modulo: 10, le *sélecteur de message* raisedTo:modulo: prend les deux arguments 6 et 10, chacun suivant le :. Nous envoyons le message au receveur 2.

Le retour d'une méthode. ↑ est employé pour obtenir le *retour* ou *renvoi* d'une méthode. Il vous faut taper ^ pour obtenir le caractère ↑.

Les séquences d'instructions. Un point (.) est le *séparateur d'instructions*. Placer un point entre deux expressions les transforme en deux instructions indépendantes.

Les cascades. un point virgule peut être utilisé pour envoyer une *cascade* de messages à un receveur unique. Dans Transcript show: 'bonjour'; cr, nous envoyons d'abord le message à mots-clés show: 'bonjour' au receveur Transcript, puis nous envoyons au même receveur le message unaire cr.

Les classes Number, Character, String et Boolean sont décrites avec plus de détails dans le chapitre 8.

3.2 Les pseudo-variables

Dans Smalltalk, il y a 6 mots-clés réservés ou *pseudo-variables* : nil, true, false, self, super et thisContext. Ils sont appelés pseudo-variables car ils sont prédéfinis et ne peuvent pas être l'objet d'une affectation. true, false et nil sont des constantes tandis que les valeurs de self, super et de thisContext varient de façon dynamique lorsque le code est exécuté.

true et false sont les uniques instances des classes Boolean : True et False (voir le chapitre 8 pour plus de détails).

self se réfère toujours au receveur de la méthode en cours d'exécution. super se réfère aussi au receveur de la méthode en cours, mais quand vous envoyez un message à super, la recherche de méthode change en démarrant de la super-classe relative à la classe contenant la méthode qui utilise super (pour plus de détails, voyez le chapitre 5).

nil est l'objet non défini. C'est l'unique instance de la classe UndefinedObject. Les variables d'instance, les variables de classe et les variables locales sont initialisées à nil.

thisContext est une pseudo-variable qui représente la structure du sommet de la pile d'exécution. En d'autres termes, il représente le MethodContext ou le BlockClosure en cours d'exécution. En temps normal, thisContext ne doit pas intéresser la plupart des programmeurs, mais il est essentiel pour implémenter des outils de développement tels que le débogueur et il est aussi utilisé pour gérer exceptions et continuations.

3.3 Les envois de messages

Il y a trois types de messages dans Pharo.

1. Les messages *unaires* : messages sans argument. 1 factorial envoie le message factorial à l'objet 1.
2. Les messages *binaires* : messages avec un seul argument. 1 + 2 envoie le message + avec l'argument 2 à l'objet 1.
3. Les messages à *mots-clés* : messages qui comportent un nombre arbitraire d'arguments. 2 raisedTo: 6 modulo: 10 envoie le message comprenant le sélecteur raisedTo: modulo: et les arguments 6 et 10 vers l'objet 2.

Les sélecteurs des messages unaires sont constitués de caractères alphanumériques et débutent par une lettre minuscule.

Les sélecteurs des messages binaires sont constitués par un ou plusieurs caractères de l'ensemble suivant :

```
+ - / \ * ~ < > = @ % | & ?,
```

Les sélecteurs des messages à mots-clés sont formés d'une suite de mots-clés alphanumériques qui commencent par une lettre minuscule et se terminent par ::.

Les messages unaires ont la plus haute priorité, puis viennent les messages binaires et, pour finir, les messages à mots-clés ; ainsi :

```
2 raisedTo: 1 + 3 factorial —> 128
```

D'abord nous envoyons factorial à 3, puis nous envoyons + 6 à 1, et pour finir, nous envoyons raisedTo: 7 à 2. Rappelons que nous utilisons la notation *expression* → *result* pour montrer le résultat de l'évaluation d'une expression.

Priorité mise à part, l'évaluation s'effectue strictement de la gauche vers la droite, donc :

```
1 + 2 * 3 → 9
```

et non 7. Les parenthèses permettent de modifier l'ordre d'une évaluation :

```
1 + (2 * 3) → 7
```

Les envois de message peuvent être composés grâce à des points et des points-virgules. Une suite d'expressions séparées par des points provoque l'évaluation de chaque expression dans la suite comme une *instruction*, une après l'autre.

```
Transcript cr.
```

```
Transcript show: 'Bonjour le monde'.
```

```
Transcript cr
```

Ce code enverra cr à l'objet Transcript, puis enverra show: 'Bonjour le monde', et enfin enverra un nouveau cr.

Quand une succession de messages doit être envoyée à un *même* receveur, ou pour dire les choses plus succinctement en *cascade*, le receveur est spécifié une seule fois et la suite des messages est séparée par des points-virgules :

```
Transcript cr;
```

```
    show: 'Bonjour le monde';
```

```
    cr
```

Ce code a précisément le même effet que celui de l'exemple précédent.

3.4 Syntaxe relative aux méthodes

Bien que les expressions peuvent être évaluées n'importe où dans Pharo (par exemple, dans un espace de travail (Workspace), dans un débogueur (Debugger) ou dans un navigateur de classes), les méthodes sont en principe définies dans une fenêtre du Browser ou du débogueur ([les méthodes peuvent aussi être rentrées](#) depuis une source externe, mais ce n'est pas une façon habituelle de programmer en Pharo).

Les programmes sont développés, une méthode à la fois, dans l'environnement d'une classe précise (une classe est définie en envoyant un message à une classe existante, en demandant de créer une sous-classe, de sorte qu'il n'y ait pas de syntaxe spécifique pour créer une classe).

Voilà la méthode lineCount (pour compter le nombre de lignes) dans la classe String. La convention habituelle consiste à se référer aux méthodes comme suit : `ClassName»methodName` ; ainsi nous nommerons cette méthode `String»lineCount`².

Méthode 3.1 – Compteur de lignes

```
String»lineCount
"Answer the number of lines represented by the receiver,
where every cr adds one line."
| cr count |
cr := Character cr.
count := 1 min: self size.
self do:
[:c | c == cr ifTrue: [count := count + 1]].
^ count
```

Sur le plan de la syntaxe, une méthode comporte :

1. la structure de la méthode avec le nom (*c-à-d.* lineCount) et tous les arguments (aucun dans cet exemple) ;
2. les commentaires (qui peuvent être placés n'importe où, mais conventionnellement, un commentaire doit être placé au début afin d'expliquer le but de la méthode) ;
3. les déclarations des variables locales (*c-à-d.* cr et count) ;
4. un nombre quelconque d'expressions séparées par des points ; dans notre exemple, il y en a quatre.

L'évaluation de n'importe quelle expression précédée par un ↑ (saisi en tapant ^) provoquera l'arrêt de la méthode à cet endroit, donnant en retour la valeur de cette expression. Une méthode qui se termine sans retourner explicitement une expression retournera de façon implicite self.

Les arguments et les variables locales doivent toujours débuter par une lettre minuscule. Les noms débutant par une majuscule sont réservés aux variables globales. Les noms des classes, comme par exemple Character, sont tout simplement des variables globales qui se réfèrent à l'objet représentant cette classe.

3.5 La syntaxe des blocs

Les blocs apportent un moyen de différer l'évaluation d'une expression. Un bloc est essentiellement une fonction anonyme. Un bloc est évalué en lui envoyant le message value. Le bloc retourne la valeur de la dernière expression

2. Le commentaire de la méthode dit : "Retourne le nombre de lignes représentées par le receveur, dans lequel chaque cr ajoute une ligne"

de son corps, à moins qu'il y ait un retour explicite (avec \uparrow) auquel cas il ne retourne aucune valeur.

```
[ 1 + 2 ] value → 3
```

Les blocs peuvent prendre des paramètres, chacun doit être déclaré en le précédent d'un deux-points. Une barre verticale sépare les déclarations des paramètres et le corps du bloc. Pour évaluer un bloc avec un paramètre, vous devez lui envoyer le message `value:` avec un argument. Un bloc à deux paramètres doit recevoir `value:value:;` et ainsi de suite, jusqu'à 4 arguments.

```
[ :x | 1 + x ] value: 2 → 3
[ :x :y | x + y ] value: 1 value: 2 → 3
```

Si vous avez un bloc comportant plus de quatre paramètres, vous devez utiliser `valueWithArguments:` et passer les arguments à l'aide d'un tableau (un bloc comportant un grand nombre de paramètres étant souvent révélateur d'un problème au niveau de sa conception).

Des blocs peuvent aussi déclarer des variables locales, lesquelles seront entourées par des barres verticales, tout comme des déclarations de variables locales dans une méthode. Les variables locales sont déclarées après les éventuels arguments :

```
[ :x :y || z | z := x + y. z ] value: 1 value: 2 → 3
```

Les blocs sont en fait des *fermetures lexicales*, puisqu'ils peuvent faire référence à des variables de leur environnement immédiat. Le bloc suivant fait référence à la variable `x` voisine :

```
| x |
x := 1.
[ :y | x + y ] value: 2    ----- 3
```

Les blocs sont des instances de la classe `BlockClosure` ; ce sont donc des objets, de sorte qu'ils peuvent être affectés à des variables et être passés comme arguments à l'instar de tout autre objet.

3.6 Conditions et itérations

Smalltalk n'offre aucune syntaxe spécifique pour les structures de contrôle. Typiquement celles-ci sont obtenues par l'envoi de messages à des booléens, des nombres ou des collections, avec pour arguments des blocs.

Les clauses conditionnelles sont obtenues par l'envoi des messages `ifTrue:`, `ifFalse:` ou `ifTrue:ifFalse:` au résultat d'une expression booléenne. Pour plus de détails sur les booléens, lisez le chapitre 8.

```
(17 * 13 > 220)
ifTrue: [ 'plus grand' ]
ifFalse: [ 'plus petit' ]  ----- 'plus grand'
```

Les boucles (ou itérations) sont obtenues typiquement par l'envoi de messages à des blocs, des entiers ou des collections. Comme la condition de sortie d'une boucle peut être évaluée de façon répétitive, elle se présentera sous la forme d'un bloc plutôt que de celle d'une valeur booléenne. Voici précisément un exemple d'une boucle procédurale :

```
n := 1.
[ n < 1000 ] whileTrue: [ n := n*2 ].
n  ----- 1024
```

`whileFalse:` inverse la condition de sortie.

```
n := 1.
[ n > 1000 ] whileFalse: [ n := n*2 ].
n  ----- 1024
```

`timesRepeat:` offre un moyen simple pour implémenter un nombre donné d'itérations :

```
n := 1.
10 timesRepeat: [ n := n*2 ].
n  ----- 1024
```

Nous pouvons aussi envoyer le message `to:do:` à un nombre qui deviendra alors la valeur initiale d'un compteur de boucle. Le premier argument est la borne supérieure ; le second est un bloc qui prend la valeur courante du compteur de boucle comme argument :

```
n := 0.
1 to: 10 do: [ :counter | n := n + counter ].  
n → 55
```

Itérateurs d'ordre supérieur. Les collections comprennent un grand nombre de classes différentes dont beaucoup acceptent le même protocole. Les messages les plus importants pour itérer sur des collections sont `do:`, `collect:`, `select:`, `reject:`, `detect:` ainsi que `inject:into::`. Ces messages définissent des itérateurs d'ordre supérieur qui nous permettent d'écrire du code très compact.

Une instance `Interval` (*c-à-d.* un intervalle) est une collection qui définit un itérateur sur une suite de nombres depuis un début jusqu'à une fin. `1 to: 10` représente l'intervalle de 1 à 10. Comme il s'agit d'une collection, nous pouvons lui envoyer le message `do:`. L'argument est un bloc qui est évalué pour chaque élément de la collection.

```
n := 0.
(1 to: 10) do: [ :element | n := n + element ].  
n → 55
```

`collect:` construit une nouvelle collection de la même taille, en transformant chaque élément.

```
(1 to: 10) collect: [ :each | each * each ] → #(1 4 9 16 25 36 49 64 81 100)
```

`select:` et `reject:` construisent des collections nouvelles, contenant un sous-ensemble d'éléments satisfaisant (ou non) la condition du bloc booléen. `detect:` retourne le premier élément satisfaisant la condition. Ne perdez pas de vue que les chaînes sont aussi des collections, ainsi vous pouvez itérer aussi sur tous les caractères. La méthode `isVowel` renvoie `true` (*c-à-d.* vrai) lorsque le receveur-caractère est une voyelle³.

```
'bonjour Squeak' select: [ :char | char isVowel ] → 'ouuea'
'bonjour Squeak' reject: [ :char | char isVowel ] → 'bnjr Sqk'
'bonjour Squeak' detect: [ :char | char isVowel ] → $o
```

Finalement, vous devez garder à l'esprit que les collections acceptent aussi l'équivalent de l'opérateur `fold` issu de la programmation fonctionnelle

3. Note du traducteur : les voyelles accentuées ne sont pas considérées par défaut comme des voyelles ; Smalltalk-80 a le même défaut que la plupart des langages de programmation nés dans la culture anglo-saxonne.

au travers de la méthode `inject:into:`. Cela vous amène à générer un résultat cumulatif utilisant une expression qui accepte une valeur initiale puis injecte chaque élément de la collection. Les sommes et les produits sont des exemples typiques.

```
(1 to: 10) inject: 0 into: [ :sum :each | sum + each ] —→ 55
```

Ce code est équivalent à $0+1+2+3+4+5+6+7+8+9+10$.

Pour plus de détails sur les collections et les flux de données, rendez-vous dans les chapitres 9 et 10.

3.7 Primitives et Pragmas

En Smalltalk, tout est objet et tout se passe par l'envoi de messages. Néanmoins, à certains niveaux, ce modèle a ses limites ; le fonctionnement de certains objets ne peut être achevé qu'en invoquant la machine virtuelle et les primitives.

Par exemple, les comportements suivantes sont tous implémentés sous la forme de primitives : l'allocation de la mémoire (`new` et `new:`), la manipulation de bits (`bitAnd:`, `bitOr:` et `bitShift:`), l'arithmétique des pointeurs et des entiers (`+`, `-`, `<`, `>`, `*`, `/`, `=`, `==...`) et l'accès des tableaux (`at:`, `at:put:`).

Les primitives sont invoquées avec la syntaxe `<primitive: aNumber>` (`aNumber` étant un nombre). Une méthode qui invoque une telle primitive peut aussi embarquer du code Smalltalk qui sera évalué *seulement* en cas d'échec de la primitive.

Examinons le code pour `SmallInteger»+`. Si la primitive échoue, l'expression `super + aNumber` sera évaluée et retournée⁴.

Méthode 3.2 – Une méthode primitive

```
+ aNumber
```

"Primitive. Add the receiver to the argument and answer with the result

if it is a SmallInteger. Fail if the argument or the result is not a

SmallInteger Essential No Lookup. See Object documentation whatIsAPrimitive."

```
<primitive: 1>
```

```
↑ super + aNumber
```

Dans Pharo, la syntaxe avec `<....>` est aussi utilisée pour les annotations de méthode que l'on appelle des *pragmas*.

4. Le commentaire de la méthode dit : "Ajoute le receveur à l'argument et répond le résultat s'il s'agit d'un entier de classe `SmallInteger`. Échoue si l'argument ou le résultat n'est pas un `SmallInteger`. Essentiel Aucune recherche. Voir la documentation de la classe `Object` : `whatIsPrimitive` (qu'est-ce qu'une primitive)."

3.8 Résumé du chapitre

- Pharo a (seulement) six mots réservés aussi appelés *pseudo-variables* : true, false, nil, self, super et thisContext.
- Il y a cinq types d'objets littéraux : les nombres (5, 2.5, 1.9e15, 2r111), les caractères (\$a), les chaînes ('bonjour'), les symboles (#bonjour) et les tableaux (#('bonjour' #bonjour))
- Les chaînes sont délimitées par des apostrophes et les commentaires par des guillemets. Pour obtenir une apostrophe dans une chaîne, il suffit de la doubler.
- Contrairement aux chaînes, les symboles sont par essence globalement uniques.
- Employez #(...) pour définir un tableau littéral. Employez { ... } pour définir un tableau dynamique. Sachez que #(1 + 2) size → 3, mais que { 1 + 2 } size → 1
- Il y a trois types de messages :
 - *unaire* : par ex., 1 asString, Array new ;
 - *binaire* : par ex., 3 + 4, 'salut', 'Squeak' ;
 - à mots-clés : par ex., 'salut' at: 5 put: \$t
- Un envoi de messages *en cascade* est une suite de messages envoyés à la même cible, tous séparés par des ; : OrderedCollection new add: #albert; add: #einstein; size → 2
- Les variables locales sont déclarées à l'aide de barres verticales. **Employez := pour les affectations.** |x| x:=1
- Les expressions sont les messages envoyés, les cascades et les affectations ; parfois regroupées avec des parenthèses. *Les instructions* sont des expressions séparées par des points.
- Les blocs ou fermetures lexicales sont des expressions limitées par des crochets. Les blocs peuvent prendre des arguments et peuvent contenir des variables locales dites aussi *variables temporaires*. Les expressions du bloc ne sont évaluées que lorsque vous envoyez un message de la forme value... avec le bon nombre d'arguments.
[:x | x + 2] value: 4 → 6.
- Il n'y a pas de syntaxe particulière pour les structures de contrôle ; ce ne sont que des messages qui, sous certaines conditions, évaluent des blocs.
(Smalltalk includes: Class) ifTrue: [Transcript show: Class superclass]

Chapitre 4

Comprendre la syntaxe des messages

Bien que la syntaxe des messages Smalltalk soit extrêmement simple, elle n'est pas habituelle et cela peut prendre un certain temps pour s'y habituer. Ce chapitre offre quelques conseils pour vous aider à mieux appréhender la syntaxe spéciale des envois de messages. Si vous vous sentez en confiance avec la syntaxe, vous pouvez choisir de sauter ce chapitre ou bien d'y revenir un peu plus tard.

4.1 Identifier les messages

En Smalltalk, exception faite des éléments syntaxiques rencontrés dans le chapitre 3 (`(:= ↑ . ; # () {} [: |])`), tout se passe par envoi de messages. Comme en C++, vous pouvez définir vos opérateurs comme `+` pour vos propres classes, mais tous les opérateurs ont la même précédence. De plus, il n'est pas possible de changer l'arité d'une méthode : `-` est toujours un message binaire, et il n'est pas possible d'avoir une forme unaire avec une surcharge différente.

Avec Smalltalk, l'ordre dans lequel les messages sont envoyés est déterminé par le type de message. Il n'y a que trois formes de messages : les messages *unaire*, *binaire* et à *mots-clés*. Les messages unaires sont toujours envoyés en premier, puis les messages binaires et enfin ceux à mots-clés. Comme dans la plupart des langages, les parenthèses peuvent être utilisées pour changer l'ordre d'évaluation. Ces règles rendent le code Smalltalk aussi facile à lire que possible. La plupart du temps, il n'est pas nécessaire de réfléchir à ces règles.

Comme la plupart des calculs en Smalltalk sont effectués par des envois de messages, identifier correctement les messages est crucial. La terminologie

suivante va nous être utile :

- Un message est composé d'un *sélecteur* et d'arguments optionnels.
- Un message est envoyé au *receveur*.
- La combinaison d'un message et de son receveur est appelé un *envoi de message* comme il est montré dans la figure 4.1.

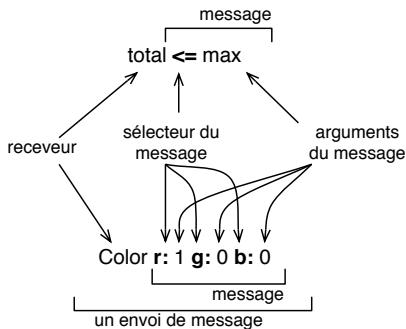


FIGURE 4.1 – Deux messages composés d'un receveur, d'un sélecteur de méthode et d'un ensemble d'arguments.

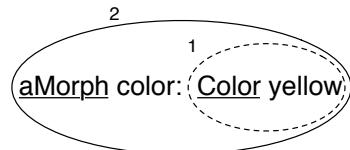


FIGURE 4.2 – aMorph color: Color yellow est composé de deux expressions : Color yellow et aMorph color: Color yellow.

Un message est toujours envoyé à un receveur qui peut être un simple littéral, une variable ou le résultat de l'évaluation d'une autre expression.

Nous vous proposons de vous faciliter la lecture au moyen d'une notation graphique : nous soulignerons le receveur afin de vous aider à l'identifier. Nous entourerons également chaque expression dans une ellipse et numérotterons les expressions à partir de la première à être évaluée afin de voir l'ordre d'envoi des messages.

La figure 4.2 représente deux envois de messages, `Color yellow` et `aMorph color: Color yellow`, de telle sorte qu'il y a deux ellipses. L'expression `Color yellow` est d'abord évalué en premier, ainsi son ellipse est numérotée à 1. Il y a deux receveurs : `aMorph` qui reçoit le message `color: ...` et `Color` qui reçoit le message `yellow` (`yellow` correspond à la couleur jaune en anglais). Chacun des receveurs est souligné.

Un receveur peut être le premier élément d'un message, comme `100` dans l'expression `100 + 200` ou `Color` (la classe des couleurs) dans l'expression `Color yellow`. Un objet receveur peut également être le résultat de l'évaluation d'autres messages. Par exemple, dans le message `Pen new go: 100`, le receveur de ce message `go: 100` (littéralement, aller à 100) est l'objet retourné par cette expression `Pen new` (soit une instance de `Pen`, la classe crayon). Dans tous les

Expression	Type de messages	Résultat
Color yellow aPen go: 100	unaire à mots-clés	Crée une couleur. Le crayon receveur se déplace en avant de 100 pixels.
100 + 20	binaire	Le nombre 100 reçoit le message + avec le paramètre 20.
Browser open	unaire	Ouvre un nouveau navigateur de classes.
Pen new go: 100	unaire et à mots-clés	Un crayon est créé puis déplacé de 100 pixels.
aPen go: 100 + 20	à mots-clés et binaire	Le crayon receveur se déplace vers l'avant de 120 pixels.

TABLE 4.1 – Exemples de messages

cas, le message est envoyé à un objet appelé le *receveur* qui a pu être créé par un autre envoi de message.

La table 4.1 montre différents exemples de messages. Vous devez remarquer que tous les messages n'ont pas obligatoirement d'arguments. Un message unaire comme `open` (pour ouvrir) ne nécessite pas d'arguments. Les messages à mots-clés simples ou les messages binaires comme `go: 100` et `+ 20` ont chacun un argument. Il y a aussi des messages simples et des messages composés. `Color yellow` et `100 + 20` sont simples : un message est envoyé à un objet, tandis que l'expression `aPen go: 100 + 20` est composée de deux messages : `+ 20` est envoyé à `100` et `go:` est envoyé à `aPen` avec pour argument le résultat du premier message. Un receveur peut être une expression qui peut retourner un objet. Dans `Pen new go: 100`, le message `go: 100` est envoyé à l'objet qui résulte de l'évaluation de l'expression `Pen new`.

4.2 Trois sortes de messages

Smalltalk définit quelques règles simples pour déterminer l'ordre dans lequel les messages sont envoyés. Ces règles sont basées sur la distinction établie entre les 3 formes d'envoi de messages :

- *Les messages unaires* sont des messages qui sont envoyés à un objet sans autre information. Par exemple dans `3 factorial`, `factorial` (pour factorielle) est un message unaire.
- *Les messages binaires* sont des messages formés avec des opérateurs (souvent arithmétiques). Ils sont binaires car ils ne concernent que deux objets : le receveur et l'objet argument. Par exemple, dans `10 + 20`, `+` est un message binaire qui est envoyé au receveur `10` avec l'argument `20`.
- *Les messages à mots-clés* sont des messages formés avec plusieurs mots-

clés, chacun d'entre eux se finissant par deux points (:) et prenant un paramètre. Par exemple, dans anArray at: 1 put: 10, le mot-clé at: prend un argument 1 et le mot-clé put: prend l'argument 10.

Messages unaires

Les messages unaires sont des messages qui ne nécessitent aucun argument. Ils suivent le modèle syntaxique suivant : receveur nomMessage. Le sélecteur est constitué d'une série de caractères ne contenant pas de deux points (:). (*par ex., factorial, open, class*).

89 sin	→	0.860069405812453
3 sqrt	→	1.732050807568877
Float pi	→	3.141592653589793
'blop' size	→	4
true not	→	false
Object class	→	Object class "La classe de Object est Object class (!)"

Les messages unaires sont des messages qui ne nécessitent pas d'argument.

Ils suivent le moule syntaxique : receveur **sélecteur**

Messages binaires

Les messages binaires sont des messages qui nécessitent exactement un argument *et* dont le sélecteur consiste en une séquence de un ou plusieurs caractères de l'ensemble : +, -, *, /, &, =, >, |, <, ~, et @. Notez que -- n'est pas autorisé.

100@100	→	100@100 "crée un objet Point"
3 + 4	→	7
10 - 1	→	9
4 <= 3	→	false
(4/3) * 3 = 4	→	true "l'égalité est juste un message binaire et les fractions sont exactes"
(3/4) == (3/4)	→	false "deux fractions égales ne sont pas le même objet"

Les messages binaires sont des messages qui nécessitent exactement un argument *et* dont le sélecteur est composé d'une séquence de caractères parmi : +, -, *, /, &, =, >, |, <, ~, et @. -- n'est pas possible.

Ils suivent le moule syntaxique : receveur **sélecteur** argument

Messages à mots-clés

Les messages à mots-clés sont des messages qui nécessitent un ou plusieurs arguments et dont le sélecteur consiste en un ou plusieurs mots-clés se finissant par deux points (:). Les messages à mots-clés suivent le moule syntaxique : receveur **selecteurMotUn:** argumentUn **motDeux:** argumentDeux

Chaque mot-clé utilise un argument. Ainsi r:g:b: est une méthode avec 3 arguments, playFileNamed: et at: sont des méthodes avec un argument, et at:put: est une méthode avec deux arguments. Pour créer une instance de la classe Color on peut utiliser la méthode r:g:b: comme dans Color r: 1 g: 0 b: 0 créant ainsi la couleur rouge. Notez que les deux points ne font pas partie du sélecteur.

En Java ou C++, l'invocation de méthode Smalltalk Color r:
1 g: 0 b: 0 serait écrite Color.rgb(1,0,0).

```
1 to: 10      → (1 to: 10) "création d'un intervalle"
Color r: 1 g: 0 b: 0 → Color red "création d'une nouvelle
couleur (rouge)"
12 between: 8 and: 15 → true

nums := Array newFrom: (1 to: 5).
nums at: 1 put: 6.
nums → #(6 2 3 4 5)
```

Les messages basés sur les mots-clés sont des messages qui nécessitent un ou plusieurs arguments. Leurs sélecteurs consistent en un ou plusieurs mots-clés chacun se terminant par deux points (:). Ils suivent le moule syntaxique :

receveur **selecteurMotUn:** argumentUn **motDeux:** argumentDeux

4.3 Composition de messages

Les trois formes d'envoi de messages ont chacune des priorités différentes, ce qui permet de les composer de manière élégante.

1. Les messages unaires sont envoyés en premier, puis les messages binaires et enfin les messages à mots-clés.
2. Les messages entre parenthèses sont envoyés avant tout autre type de messages.

3. Les messages de même type sont envoyés de gauche à droite.

Ces règles ont un ordre de lecture très naturel. Maintenant si vous voulez être sûr que vos messages sont envoyés dans l'ordre que vous souhaitez, vous pouvez toujours mettre des parenthèses supplémentaires comme dans la figure 4.3. Dans cet exemple, le message `yellow` est un message unaire et le message `color:` est un message à mots-clés ; ainsi l'expression `Color yellow` est envoyé en premier. Néanmoins comme les expressions entre parenthèses sont envoyées en premier, mettre des parenthèses (normalement inutiles) autour de `Color yellow` permet d'accentuer le fait qu'elle doit être envoyée en premier. Le reste de cette section illustre chacun de ces différents points.

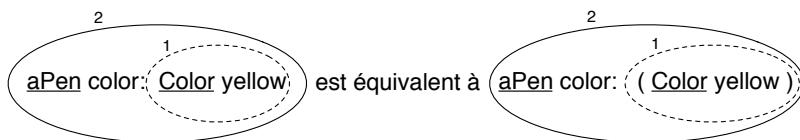


FIGURE 4.3 – Les messages unaires sont envoyés en premier ; donc ici le premier message est `Color yellow`. Il retourne un objet de couleur jaune qui est passé comme argument du message `aPen color:`.

Unaire > Binaire > Mots-clés

Les messages unaires sont d'abord envoyés, puis les messages binaires et enfin les messages à mots-clés. Nous pouvons également dire que les messages unaires ont une priorité plus importante que les autres types de messages.

Règle une. Les messages unaires sont envoyés en premier, puis les messages binaires et finalement les messages à mots-clés.

Unaire > Binaire > Mots-clés

Comme ces exemples suivants le montrent, les règles de syntaxe de Smalltalk permettent d'assurer une certaine lisibilité des expressions :

<code>1000 factorial / 999 factorial</code>	→	<code>1000</code>
<code>2 raisedTo: 1 + 3 factorial</code>	→	<code>128</code>

Malheureusement, les règles sont un peu trop simplistes pour les expressions arithmétiques. Dès lors, des parenthèses doivent être introduites chaque fois que l'on veut imposer un ordre de priorité entre deux opérateurs binaires :

$$\begin{array}{lcl} 1 + 2 * 3 & \longrightarrow & 9 \\ 1 + (2 * 3) & \longrightarrow & 7 \end{array}$$

L'exemple suivant qui est un peu plus complexe (!) est l'illustration que même des expressions Smalltalk compliquées peuvent être lues de manière assez naturelle :

```
[:aClass | aClass methodDict keys select: [:aMethod | (aClass>>aMethod) isAbstract ]]
value: Boolean    →  an IdentitySet(#or: #| #and: #& #ifTrue: #ifTrue:#ifFalse:
#ifFalse: #not #ifFalse:#ifTrue:)]
```

Ici nous voulons savoir quelles méthodes de la classe Boolean (classe des booléens) sont abstraites. Nous interrogeons la classe argument aClass pour récupérer les clés (via le message *unaire* keys) de son dictionnaire de méthodes (via le message *unaire* methodDict), puis nous en sélectionnons (via le message à mots-clés select:) les méthodes de la classe qui sont abstraites. Ensuite nous lions (par value:) l'argument aClass à la valeur concrète Boolean. Nous avons besoin des parenthèses uniquement pour le message binaire *>>*, qui sélectionne une méthode d'une classe, avant d'envoyer le message *unaire* isAbstract à cette méthode. Le résultat (sous la forme d'un ensemble de classe IdentitySet) nous montre quelles méthodes doivent être implémentées par les sous-classes concrètes de Boolean : True et False.

Exemple. Dans le message aPen color: Color yellow, il y a un message *unaire* yellow envoyé à la classe Color et un message à *mots-clés* color: envoyé à aPen. Les messages unaires sont d'abord envoyés, de telle sorte que l'expression Color yellow soit d'abord exécutée (1). Celle-ci retourne un objet couleur qui est passé en argument du message aPen color: aColor (2) comme indiqué dans l'exemple 4.1. La figure 4.3 montre graphiquement comment les messages sont envoyés.

Exemple 4.1 – Décomposition de l'évaluation de aPen color: Color yellow

(1)	aPen color: Color yellow	
	Color yellow	"message <i>unaire</i> envoyé en premier"
	→ aColor	
(2)	aPen color: aColor	"puis le message à <i>mots-clés</i> "

Exemple. Dans le message aPen go: 100 + 20, il y a le message *binaire* + 20 et un message à *mots-clés* go:. Les messages binaires sont d'abord envoyés avant les messages à mots-clés, ainsi 100 + 20 est envoyé en premier (1) : le message + 20 est envoyé à l'objet 100 et retourne le nombre 120. Ensuite le message aPen go: 120 est envoyé avec comme argument 120 (2). L'exemple 4.2 nous montre comment l'expression est évalué.

Exemple 4.2 – Décomposition de aPen go: 100 + 20

aPen go: 100 + 20
 (1) 100 + 20 "le message binaire en premier"
 → 120
 (2) aPen go: 120 "puis le message à mots-clés"

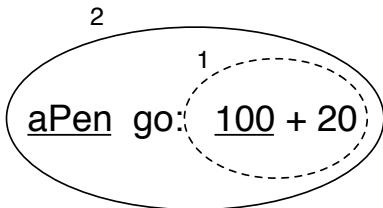


FIGURE 4.4 – Les messages unaires sont envoyés en premier, ainsi Color yellow est d'abord envoyé. Il retourne un objet de couleur jaune qui est passé en argument du message aPen color.:

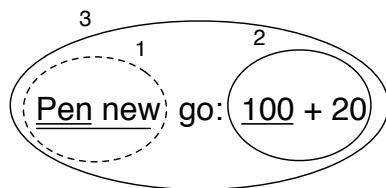


FIGURE 4.5 – Décomposition de Pen new go: 100 + 20.

Exemple. Comme exercice, nous vous laissons décomposer l'évaluation du message Pen new go: 100 + 20 qui est composé d'un message unaire, d'un message à mots-clés et d'un message binaire (voir la figure 4.5).

Les parenthèses en premier

Règle deux. Les messages parenthésés sont envoyés avant tout autre message.

(Msg) > Unaire > Binaire > Mots-clés

1.5 tan rounded asString = (((1.5 tan) rounded) asString) → true "les parenthèses sont nécessaires ici"
 $3 + 4 \text{ factorial} \rightarrow 27 \text{ "(et pas 5040)"}$
 $(3 + 4) \text{ factorial} \rightarrow 5040$

Ici nous avons besoin des parenthèses pour forcer l'envoi de lowMajorScaleOn: avant play.

(FMSound lowMajorScaleOn: FMSound clarinet) play
 "(1) envoie le message clarinet à la classe FMSound pour créer le son de clarinette.
 (2) envoie le son à FMSound comme argument du message à mots-clés lowMajorScaleOn:."

(3) joue le son résultant."

Exemple. Le message (65@325 extent: 134@100) center retourne le centre du rectangle dont le point supérieur gauche est (65, 325) et dont la taille est 134×100. L'exemple 4.3 montre comment le message est décomposé et envoyé. Le message entre parenthèses est d'abord envoyé : il contient deux messages binaires 65@325 et 134@100 qui sont d'abord envoyés et qui retournent des points, et un message à mots-clés extent: qui est ensuite envoyé et qui retourne un rectangle. Finalement le message unaire center est envoyé au rectangle et le point central est retourné.

Évaluer ce message sans parenthèses déclencherait une erreur car l'objet 100 ne comprend pas le message center.

Exemple 4.3 – Exemple avec des parenthèses.

	(65 @ 325 extent: 134 @ 100) center	
(1)	65@325	"binaire"
	→ aPoint	
(2)	134@100	"binaire"
	→ anotherPoint	
(3)	aPoint extent: anotherPoint	"à mots-clés"
	→ aRectangle	
(4)	aRectangle center	"unaire"
	→ 132@375	

De gauche à droite

Maintenant nous savons comment les messages de différentes natures ou priorités sont traités. Il reste une question à traiter : comment les messages de même priorité sont envoyés ? Ils sont envoyés de gauche à droite. Notez que vous avez déjà vu ce comportement dans l'exemple 4.3 dans lequel les deux messages de création de points (@) sont envoyés en premier.

Règle trois. Lorsque les messages sont de même nature, l'ordre d'évaluation est de gauche à droite.

Exemple. Dans l'expression Pen new down, tous les messages sont des messages unaires, donc celui qui est le plus à gauche Pen new est envoyé en premier. Il retourne un nouveau crayon auquel le deuxième message down (pour poser la pointe du crayon et dessiner) est envoyé comme il est montré dans la figure 4.6.

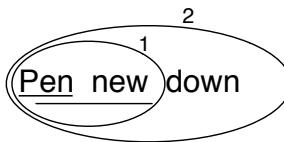


FIGURE 4.6 – Décomposition de Pen new down.

Incohérences arithmétiques

Les règles de composition des messages sont simples mais peuvent engendrer des incohérences dans l'évaluation des expressions arithmétiques qui sont exprimées sous forme de messages binaires (nous parlons aussi d'irrationalité arithmétique). Voici des situations habituelles où des parenthèses supplémentaires sont nécessaires.

$3 + 4 * 5$	→	35 "pas 23) les messages binaires sont envoyés de gauche à droite"
$3 + (4 * 5)$	→	23
$1 + 1/3$	→	(2/3) "et pas 4/3"
$1 + (1/3)$	→	(4/3)
$1/3 + 2/3$	→	(7/9) "et pas 1"
$(1/3) + (2/3)$	→	1

Exemple. Dans l'expression $20 + 2 * 5$, il y a seulement les messages binaires + et *. En Smalltalk, il n'y a pas de priorité spécifique pour les opérations + et *. Ce ne sont que des messages binaires, ainsi * n'a pas priorité sur +. Ici le message le plus à gauche + est envoyé en premier (1) et ensuite * est envoyé au résultat comme nous le voyons dans l'exemple 4.4.

Exemple 4.4 – Décomposer $20 + 2 * 5$

"Comme il n'y a pas de priorité entre les messages binaires, le message le plus à gauche, + est évalué en premier même si d'après les règles de l'arithmétique le * devrait d'abord être envoyé."

$20 + 2 * 5$		
(1) $20 + 2$	→	22
(2) $22 * 5$	→	110

Comme il est montré dans l'exemple 4.4 le résultat de cette expression n'est pas 30 mais 110. Ce résultat est peut-être inattendu mais résulte directement des règles utilisées pour envoyer des messages. Ceci est le prix à payer pour la simplicité du modèle de Smalltalk. Afin d'avoir un résultat correct, nous devons utiliser des parenthèses. Lorsque les messages sont entourés par des

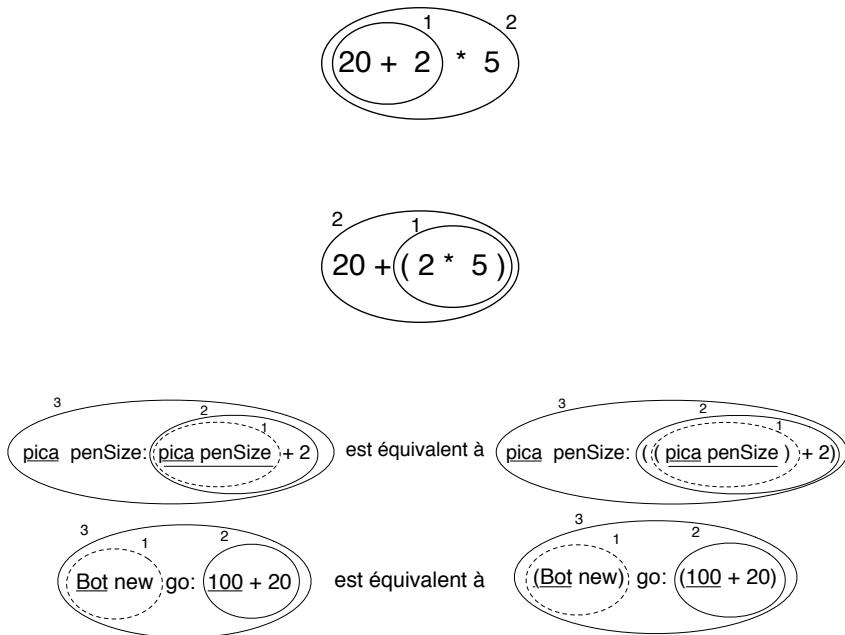


FIGURE 4.7 – Messages équivalents en utilisant des parenthèses.

parenthèses, ils sont évalués en premier. Ainsi l'expression $20 + (2 * 5)$ retourne le résultat comme nous le voyons dans l'exemple 4.5.

Exemple 4.5 – Décomposition de $20 + (2 * 5)$

"Les messages entourés de parenthèses sont évalués en premier ainsi * est envoyé avant + afin de produire le comportement souhaité."

$$\begin{array}{ll}
 20 + (2 * 5) & \\
 (1) \quad (2 * 5) & \longrightarrow \quad 10 \\
 (2) \quad 20 + 10 & \longrightarrow \quad 30
 \end{array}$$

En Smalltalk, les opérateurs arithmétiques comme `+` et `*` n'ont pas des priorités différentes. `+` et `*` ne sont que des messages binaires ; donc `*` n'a pas priorité sur `+`. Utiliser des parenthèses pour obtenir le résultat désiré.

Notez que la première règle, disant que les messages unaires sont envoyés avant les messages binaires ou à mots-clés, ne nous force pas à mettre explicitement des parenthèses autour d'eux. La table 4.8 montre des expressions

Priorité implicite	Équivalent explicite parenthésé
aPen color: Color yellow	aPen color: (Color yellow)
aPen go: 100 + 20	aPen go: (100 + 20)
aPen penSize: aPen penSize + 2	aPen penSize: ((aPen penSize) + 2)
2 factorial + 4	(2 factorial) + 4

FIGURE 4.8 – Des expressions et leurs versions équivalentes complètement parenthésées.

écrites en respectant les règles et les expressions équivalentes si les règles n'existaient pas. Les deux versions engendrent le même effet et retournent les mêmes valeurs.

4.4 Quelques astuces pour identifier les messages à mots-clés

Souvent les débutants ont des problèmes pour comprendre quand ils doivent ajouter des parenthèses. Voyons comment les messages à mots-clés sont reconnus par le compilateur.

Des parenthèses ou pas ?

Les caractères [,], and (,) délimitent des zones distinctes. Dans ces zones, un message à mots-clés est la plus longue séquence de mots terminés par (:) qui n'est pas coupé par les caractères (.), ou (;). Lorsque les caractères [,], et (,) entourent des mots avec des deux points, ces mots participent au message à mots-clés *local* à la zone définie.

Dans cet exemple, il y a deux mots-clés distincts : rotatedBy:magnify:smoothing: et at:put:.

```
aDict
at: (rotatingForm
      rotateBy: angle
      magnify: 2
      smoothing: 1)
put: 3
```

Les caractères [,], et (,) délimitent des zones distinctes. Dans ces zones, un message à mots-clés est la plus longue séquence de mots qui se termine par (: qui n'est pas coupé par les caractères (.), ou ;. Lorsque les caractères [,], et (,) entourent des mots avec des deux points, ces mots participent au message à mots-clés local à cette zone.

[ASTUCE] Si vous avez des problèmes avec ces règles de priorité, vous pouvez commencer simplement en entourant avec des parenthèses chaque fois que vous voulez distinguer deux messages avec la même priorité.

L'expression qui suit ne nécessite pas de parenthèses car l'expression x isNil est unaire donc envoyée avant le message à mots-clés ifTrue:.

```
(x isNil)
ifTrue:[...]
```

L'expression qui suit nécessite des parenthèses car les messages includes: et ifTrue: sont chacun des messages à mots-clés.

```
ord := OrderedCollection new.
(ord includes: $a)
ifTrue:[...]
```

Sans les parenthèses le message inconnu includes:ifTrue: serait envoyé à la collection !

Quand utiliser les [] ou les () ?

Vous pouvez avoir des difficultés à comprendre quand utiliser des crochets plutôt que des parenthèses. Le principe de base est que vous devez utiliser des [] lorsque vous ne savez pas combien de fois une expression peut être évaluée (peut-être même jamais). [expression] va créer une fermeture lexicale ou bloc (*c-à-d.* un objet) à partir de *expression*, qui peut être évaluée autant de fois qu'il le faut (voire jamais) en fonction du contexte.

Ainsi les clauses conditionnelles de ifTrue: ou ifTrue:ifFalse: nécessitent des blocs. Suivant le même principe, à la fois le receveur et l'argument du message whileTrue: nécessitent l'utilisation des crochets car nous ne savons pas combien de fois le receveur ou l'argument seront exécutés.

Les parenthèses quant à elles n'affectent que l'ordre d'envoi des messages. Aucun objet n'est créé, ainsi dans (expression), *expression* sera toujours évalué exactement une fois (en supposant que le code englobant l'expression soit évalué une fois).

[x isReady] whileTrue: [y doSomething]	"à la fois le receveur et l'argument doivent être des blocs"
4 timesRepeat: [Beeper beep]	"l'argument est évalué plus d'une fois, donc doit être un bloc"
(x isReady) ifTrue: [y doSomething]	"le receveur est évalué qu'une fois, donc n'est pas un bloc"

4.5 Séquences d'expression

Les expressions (*c-à-d.* envois de message, affectations...) séparées par des points sont évaluées en séquence. Notez qu'il n'y a pas de point entre la définition d'un variable et l'expression qui suit. La valeur d'une séquence est la valeur de la dernière expression. Les valeurs retournées par toutes les expressions exceptée la dernière sont ignorées. Notez que le point est un séparateur et non un terminator d'expression. Le point final est donc optionnel.

```
| box |
box := 20@30 corner: 60@90.
box containsPoint: 40@50    -----> true
```

4.6 Cascades de messages

Smalltalk offre la possibilité d'envoyer plusieurs messages au même receveur en utilisant le point-virgule (;). Dans le jargon Smalltalk, nous parlons de *cascade*.

Expression Msg1 ; Msg2

Transcript show: 'Pharo est '.
Transcript show: 'extra '.
Transcript cr.

est équivalent à :

Transcript
show: 'Pharo est';
show: 'extra ';
cr

Notez que l'objet qui reçoit la cascade de messages peut également être le résultat d'un envoi de message. En fait, le receveur de la cascade est le receveur du premier message de la cascade. Dans l'exemple qui suit, le premier message en cascade est setX:setY puisqu'il est suivi du point-virgule. Le receveur du message cascадé setX:setY: est le nouveau point résultant de l'évaluation de Point new, et *non pas* Point. Le message qui suit isZero (pour tester s'il s'agit de zéro) est envoyé au même receveur.

```
Point new setX: 25 setY: 35; isZero —> false
```

4.7 Résumé du chapitre

- Un message est toujours envoyé à un objet nommé le *receveur* qui peut être le résultat d'autres envois de messages.
- Les messages unaires sont des messages qui ne nécessitent pas d'arguments.
Ils sont de la forme **receveur sélecteur**.
- Les messages binaires sont des messages qui concernent deux objets, le receveur et un autre objet *et* dont le sélecteur est composé de un ou deux caractères de la liste suivante : +, -, *, /, |, &, =, >, <, ~, et @.
Ils sont de la forme : **receveur sélecteur argument**.
- Les messages à mots-clés sont des messages qui concernent plus d'un objet et qui contiennent au moins un caractère deux points (:).
Ils sont de la forme : **receveur sélecteurMotUn: argumentUn motDeux: argumentDeux**.
- **Règle un.** Les messages unaires sont d'abord envoyés, puis les messages binaires et finalement les messages à mots-clés.
- **Règle deux.** Les messages entre parenthèses sont envoyés avant tous les autres.
- **Règle trois.** Lorsque les messages sont de même nature, l'ordre d'évaluation est de gauche à droite.
- En Smalltalk, les opérateurs arithmétiques traditionnels comme + ou * ont la même priorité. + et * ne sont que des messages binaires ; donc * n'a aucune priorité sur +. Vous devez utiliser les parenthèses pour obtenir un résultat différent.

Deuxième partie

Développer avec Pharo

Chapitre 5

Le modèle objet de Smalltalk

Le modèle de programmation de Smalltalk est simple et homogène : tout est objet et les objets communiquent les uns avec les autres uniquement via l'envoi de messages. Cependant, ces caractéristiques de simplicité et d'homogénéité peuvent être source de quelques difficultés pour le programmeur habitué à d'autres langages. Dans ce chapitre nous présenterons les concepts de base du modèle objet de Smalltalk ; en particulier nous discuterons des conséquences de représenter les classes comme des objets.

5.1 Les règles du modèle

Le modèle objet de Smalltalk repose sur un ensemble de règles simples qui sont appliquées de manière *uniforme*. Les règles s'énoncent comme suit :

Règle 1. Tout est objet.

Règle 2. Tout objet est instance de classe.

Règle 3. Toute classe a une super-classe.

Règle 4. Tout se passe par envoi de messages.

Règle 5. La recherche des méthodes suit la chaîne de l'héritage.

Prenons le temps d'étudier ces règles en détail.

5.2 Tout est objet

Le mantra “tout est objet” est hautement contagieux. Après seulement peu de temps passé avec Smalltalk, vous serez progressivement surpris par la façon dont cette règle simplifie tout ce que vous faites. Par exemple, les entiers sont véritablement des objets (de classe Integer). Dès lors vous pouvez leur envoyer des messages, comme vous le feriez avec n’importe quel autre objet.

3 + 4	→	7 "envoie ' + 4 ' à 3, donnant 7"
20 factorial	→	2432902008176640000 "envoie factorial, donnant un grand nombre"

La représentation de 20 factorial est certainement différente de la représentation de 7, mais aucune partie du code—pas même l’implémentation de factorial¹—n’a besoin de le savoir puisque ce sont des objets tous deux.

La conséquence fondamentale de cette règle pourrait s’énoncer ainsi :

Les classes sont aussi des objets.

Plus encore, les classes ne sont pas des objets de seconde zone : elles sont véritablement des objets de premier plan auxquels vous pouvez envoyer des messages, que vous pouvez inspecter, etc. Ainsi Pharo est vraiment un système réflexif offrant une grande expressivité aux développeurs.

En regardant plus avant dans l’implémentation de Smalltalk, nous trouvons trois sortes différentes d’objets. Il y a (1) les objets ordinaires avec des variables d’instance passées par référence ; il y a (2) *les petits entiers*² qui sont passés par valeur, et enfin, il y a (3) les objets indexés comme les Array (tableaux) qui ont une portion contigüe de mémoire. La beauté de Smalltalk réside dans le fait que vous n’avez aucunement à vous soucier des différences entre ces trois types d’objet.

5.3 Tout objet est instance de classe

Tout objet a une classe ; pour vous en assurer, vous pouvez envoyer à un objet le message class (classe en anglais).

1 class	→	SmallInteger
20 factorial class	→	LargePositiveInteger
'hello' class	→	ByteString

1. En anglais, factorielle.
2. En anglais, *small integers*.

#(1 2 3) class	→	Array
(4@5) class	→	Point
Object new class	→	Object

Une classe définit la *structure* pour ses instances via les variables d’instance (instance variables en anglais) et leur *comportement* (*behavior* en anglais) via les méthodes. Chaque méthode a un nom. C’est le *sélecteur*. Il est unique pour chaque classe.

Puisque *les classes sont des objets* et que *tout objet est une instance d’une classe*, nous en concluons que les classes doivent aussi être des instances de classes. Les classes dont les instances sont des classes sont nommées des *méta-classes*. À chaque fois que vous créez une classe, le système crée pour vous une métaclass automatiquement. La métaclass définit la structure et le comportement de la classe qui est son instance. 99% du temps vous n’aurez pas à penser aux métaclasses et vous pourrez joyeusement les ignorer. (Nous porterons notre attention aux métaclasses dans le chapitre 12.)

Les variables d’instance

Les variables d’instance en Smalltalk sont privées vis-à-vis de l’*instance* elle-même. Ceci diffère de langages comme Java et C++ qui permettent l’accès aux variables d’instance (aussi connues sous le nom d’“attributs” ou “variables membre”) depuis n’importe quelle autre instance de la même classe. Nous disons que l’*espace d’encapsulation*³ des objets en Java et en C++ est la classe, là où, en Smalltalk, c’est l’instance.

En Smalltalk, deux instances d’une même classe ne peuvent pas accéder aux variables d’instance l’une de l’autre à moins que la classe ne définisse des “méthodes d’accès” (en anglais, accessor methods). Aucun élément de la syntaxe ne permet l’accès direct à la variable d’instances de n’importe quel autre objet. (En fait, un mécanisme appelé réflexivité offre une véritable possibilité d’interroger un autre objet sur la valeur de ses variables d’instance ; la métaprogrammation permet d’écrire des outils tel que l’inspecteur d’objets (nous utiliserons aussi le terme Inspector). La seule vocation de ce dernier est de regarder le contenu des autres objets.)

Les variables d’instance peuvent être accédées par nom dans toutes les méthodes d’instance de la classe qui les définit ainsi que dans les méthodes définies dans les sous-classes de cette classe. Cela signifie que les variables d’instance en Smalltalk sont semblables aux variables *protégées* (protected) en C++ et en Java. Cependant, nous préférons dire qu’elles sont privées parce qu’il n’est pas d’usage en Smalltalk d’accéder à une variable d’instance directement depuis une sous-classe.

3. En anglais, encapsulation boundary.

Exemple

La méthode `Point»dist:` (méthode 5.1) calcule la distance entre le receveur et un autre point. Les variables d'instance `x` et `y` du receveur sont accédées directement par le corps de la méthode. Cependant, les variables d'instance de l'autre point doivent être accédées en lui envoyant les messages `x` et `y`.

Méthode 5.1 – *la distance entre deux points. le nom arbitraire aPoint est utilisé dans le sens de a point qui, en anglais, signifie un point*

`Point»dist: aPoint`

"Retourne la distance entre aPoint et le receveur."

```
| dx dy |
dx := aPoint x - x.
dy := aPoint y - y.
↑ ((dx * dx) + (dy * dy)) sqrt
```

1@1 dist: 4@5 → 5.0

La raison-clé de préférer l'encapsulation basée sur l'instance à l'encapsulation basée sur la classe tient au fait qu'elle permet à différentes implémentations d'une même abstraction de coexister. Par exemple, la méthode `point»dist:` n'a besoin ni de surveiller, ni même de savoir si l'argument `aPoint` est une instance de la même classe que le receveur. L'argument objet pourrait être représenté par des coordonnées polaires, voire comme un enregistrement dans une base de données ou sur une autre machine d'un réseau distribué ; tant qu'il peut répondre aux messages `x` et `y`, le code de la méthode 5.1 fonctionnera toujours.

Les méthodes

Toutes les méthodes sont publiques⁴. Les méthodes sont regroupées en protocoles qui indique leur objectif. Certains noms de protocoles courants ont été attribués par convention, par exemple, *accessing* pour les méthodes d'accès, et *initialization* pour construire un état initial stable pour l'objet. Le protocole *private* est parfois utilisé pour réunir les méthodes qui ne devraient pas être visibles depuis l'extérieur. Rien ne vous empêche cependant d'envoyer un message qui est implémenté par une telle méthode "privée".

Les méthodes peuvent accéder à toutes les variables d'instance de l'objet. Certains programmeurs en Smalltalk préfèrent accéder aux variables d'instance uniquement au travers des méthodes d'accès. Cette pratique a un certain avantage, mais elle tend à rendre l'interface de vos classes chaotique, ou pire, à exposer des états privés à tous les regards.

4. En fait, presque toute. En Squeak, des méthodes dont les sélecteurs commencent par la chaîne de caractères `pvt` sont privées : un message `pvt` ne peut être envoyé qu'à `self uniquement`. N'importe comment, les méthodes `pvt` sont très peu utilisées.

Le côté instance et le côté classe

Puisque les classes sont des objets, elles peuvent avoir leur propre variables d'instance ainsi que leur propre méthodes. Nous les appelons *variables d'instance de classe* (en anglais *class instance variables*) et *méthodes de classe*, mais elles ne sont véritablement pas différentes des variables et méthodes d'instances ordinaires : les variables d'instance de classe ne sont seulement que des variables d'instance définies par une métaclass. Quant aux méthodes de classe, elles correspondent juste aux méthodes définies par une métaclass.

Une classe et sa métaclass sont deux classes distinctes, et ce, même si cette première est une instance de l'autre. Pour vous, tout ceci sera somme toute largement trivial : vous n'aurez qu'à vous concentrer sur la définition du comportement de vos objets et des classes qui les créent.

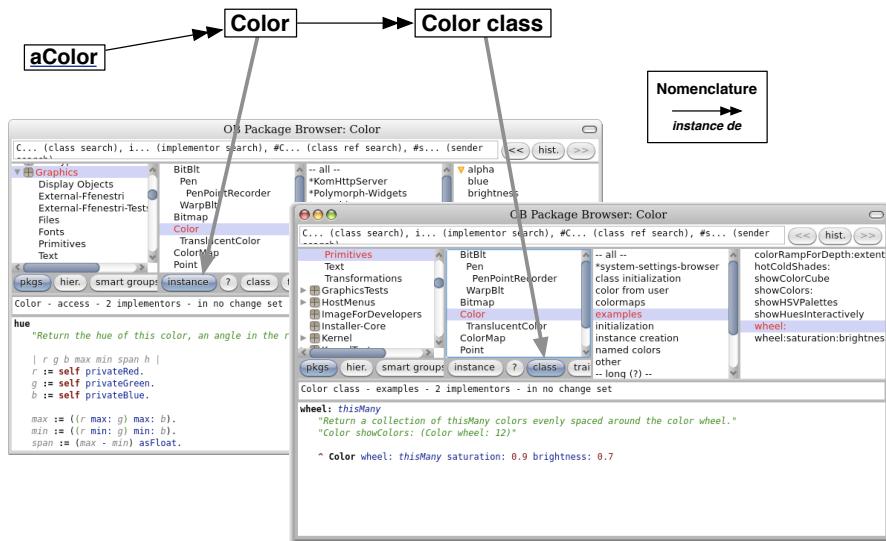


FIGURE 5.1 – Naviguer dans une classe et sa métaclassse.

De ce fait, le navigateur de classes nommé Browser vous aide à parcourir à la fois classes et métaclasses comme si elles n'étaient qu'une seule entité avec deux "côtés" : le "côté instance" et le "côté classe", comme le montre la la figure 5.1. En cliquant sur le bouton **instance**, vous voyez la présentation de la classe Color, *c-à-d.* vous pouvez naviguer dans les méthodes qui sont exécutées quand les messages sont envoyés à une instance de Color, comme la couleur blue (correspondant au bleu). En appuyant sur le bouton **class** (pour classe), vous naviguez dans la classe Color class, autrement dit vous voyez les méthodes qui seront exécutées en envoyant les messages directement à la classe Color elle-même. Par exemple, Color blue envoie le message blue (pour

bleu) à la classe Color. Vous trouverez donc la méthode blue définie côté classe de la classe Color et non du côté instance.

aColor := Color blue.		"Méthode de classe blue"
aColor	→	Color blue
aColor red	→	0.0 "Méthode d'accès red (rouge) côté instance"
aColor blue	→	1.0 "Méthode d'accès blue (bleu) côté instance"

Vous définissez une classe en remplissant le patron (ou *template* en anglais) proposé dans le côté instance. Quand vous acceptez ce patron, le système crée non seulement la classe que vous définissez mais aussi la méta-classe correspondante. Vous pouvez naviguer dans la méta-classe en cliquant sur le bouton **class**. Du patron employé pour la création de la méta-classe, seule la liste des noms des variables d'instance vous est proposée pour une édition directe.

Une fois que vous avez créé une classe, cliquer sur le bouton **instance** vous permet d'éditer et de parcourir les méthodes qui seront possédées par les instances de cette classe (et de ses sous-classes). Par exemple, nous pouvons voir dans la figure 5.1 que la méthode hue est définie pour les instances de la classe Color. A contrario, le bouton **class** vous laisse parcourir et éditer la méta-classe (dans ce cas Color class).

Les méthodes de classe

Les méthodes de classe peuvent être relativement utiles ; naviguez dans Color class pour voir quelques bons exemples. Vous verrez qu'il y a deux sortes de méthodes définies dans une classe : celles qui créent les instances de la classe, comme Color class»blue et celles qui ont une action *utilitaire*, comme Color class»showColorCube. Ceci est courant, bien que vous trouvez occasionnellement des méthodes de classe utilisées d'une autre manière.

Il est commun de placer des méthodes utilitaires dans le côté classe parce qu'elles peuvent être exécutées sans avoir à créer un objet additionnel dans un premier temps. En fait, beaucoup d'entre elles contiennent un commentaire pour les rendre plus compréhensibles pour l'utilisateur qui les exécute.

💡 Naviguez dans la méthode Color class»showColorCube, double-cliquez à l'intérieur des guillements englobant le commentaire "Color showColorCube" et tape au clavier CMD-d.

Vous verrez l'effet de l'exécution de cette méthode. (Sélectionnez World > restore display (r) pour annuler les effets.)

Pour les familiers de Java et C++, les méthodes de classe peuvent être assimilées aux méthodes statiques. Néanmoins, l'homogénéité de Smalltalk induit une différence : les méthodes statiques de Java sont des fonctions

résolues de manière statique alors que les méthodes de classe de Smalltalk sont des méthodes à transfert dynamique⁵ Ainsi, l'héritage, la surcharge et l'utilisation de *super* fonctionnent avec les méthodes de classe dans Smalltalk, ce qui n'est pas le cas avec les méthodes statiques en Java.

Les variables d'instance de classe

Dans le cadre des variables d'instance ordinaires, toutes les instances d'une classe partagent le même ensemble de noms de variable et les instances de ses sous-classes héritent de ces noms ; cependant, chaque instance possède son propre jeu de valeurs. C'est exactement la même histoire avec les variables d'instance de classe : chaque classe a ses propres variables d'instance de classe privées. Une sous-classe héritera de ces variables d'instance de classe, *mais elle aura ses propres copies privées de ces variables*. Aussi vrai que les objets ne partagent pas les variables d'instance, les classes et leurs sous-classes ne partagent pas les variables d'instance de classe.

Vous pouvez utiliser une variable d'instance de classe *count*⁶ afin de suivre le nombre d'instances que vous créez pour une classe donnée. Cependant, les sous-classes ont leur propre variable *count*, les instances des sous-classes seront comptées séparément.

Exemple : les variables d'instance de classe ne sont pas partagées avec les sous-classes. Soient les classes Dog et Hyena⁷ telles que Hyena hérite de la variable d'instance de classe *count* de la classe Dog.

Classe 5.2 – Créer Dog et Hyena

```
Object subclass: #Dog
  instanceVariableNames: ""
  classVariableNames: ""
  poolDictionaries: ""
  category: 'PBE-CIV'

Dog class
  instanceVariableNames: 'count'

Dog subclass: #Hyena
  instanceVariableNames: ""
  classVariableNames: ""
  poolDictionaries: ""
  category: 'PBE-CIV'
```

5. En anglais, dynamically-dispatched methods.

6. En français, compteur.

7. En français, chien et hyène.

Supposons que nous ayons des méthodes de classe de Dog pour initialiser sa variable count à 0 et pour incrémenter cette dernière quand de nouvelles instances sont créées :

Méthode 5.3 – Comptabiliser les nouvelles instances de Dog via count

Dog class»initialize

```
super initialize.  
count := 0.
```

Dog class»new

```
count := count +1.  
↑ super new
```

Dog class»count

```
↑ count
```

Maintenant, à chaque fois que nous créons un nouveau Dog, son compteur count est incrémenté. Il en est de même pour toute nouvelle instance de Hyena, mais elles sont comptées séparément :

Dog initialize.

Hyena initialize.

Dog count	—→	0
Hyena count	—→	0
Dog new.		
Dog count	—→	1
Dog new.		
Dog count	—→	2
Hyena new.		
Hyena count	—→	1

Remarquons aussi que les variables d'instance de classe sont privées à la classe tout comme les variables d'instance sont privées à l'instance. Comme les classes et leurs instances sont des objets différents, il en résulte que :

Une classe n'a pas accès aux variables d'instance de ses propres instances.

Une instance d'une classe n'a pas accès aux variables d'instance de classe de sa classe.

C'est pour cette raison que les méthodes d'initialisation d'instance doivent toujours être définies dans le côté instance — le côté classe n'ayant pas accès aux variables d'instance, il ne pourrait y avoir initialisation ! Tout ce que peut

faire la classe, c'est d'envoyer des messages d'initialisation à des instances nouvellement créées ; ces messages pouvant bien sûr utiliser les méthodes d'accès.

De même, les instances ne peuvent accéder aux variables d'instance de classe que de manière indirecte en envoyant les messages d'accès à leur classe.

Java n'a rien d'équivalent aux variables d'instance de classe. Les variables statiques en Java et en C++ ont plutôt des similitudes avec les variables de classe de Smalltalk dont nous parlerons dans la section 5.7 : toutes les sous-classes et leurs instances partagent la même variable statique.

Exemple : Définir un Singleton. Le patron de conception⁸ nommé Singleton⁹ offre un exemple-type de l'usage de variables d'instance de classe et de méthodes de classe. Imaginez que nous souhaitons d'une part, créer une classe WebServer et d'autre part, s'assurer qu'il n'a qu'une et une seule instance en faisant appel au patron Singleton.

En cliquant sur le bouton `instance` dans le navigateur de classe, nous définissons la classe WebServer comme suit (classe 5.4).

Classe 5.4 – Un classe Singleton

```
Object subclass: #WebServer
instanceVariableNames: 'sessions'
classVariableNames: ''
poolDictionaries: ''
category: 'Web'
```

Ensuite, en cliquant sur le bouton `class`, nous pouvons ajouter une variable d'instance `uniqueInstance` au côté classe.

Classe 5.5 – Le côté classe de la classe Singleton

```
WebServer class
instanceVariableNames: 'uniqueInstance'
```

Par conséquence, la classe WebServer a désormais un autre variable d'instance, en plus des variables héritées telles que `superclass` et `methodDict`.

Nous pouvons maintenant définir une méthode de classe que nous appellerons `uniqueInstance` comme dans la méthode 5.6. Pour commencer, cette méthode vérifie si `uniqueInstance` a été initialisée ou non : dans ce dernier cas, la méthode crée une instance et l'assigne à la variable d'instance de classe `uniqueInstance`. *In fine*, la valeur de `uniqueInstance` est renournée. Puisque `uniqueInstance` est une variable d'instance de classe, cette méthode peut directement y accéder.

8. En anglais, nous parlons de *Design Patterns*.

9. Sherman R. Alpert, Kyle Brown et Bobby Woolf, *The Design Patterns Smalltalk Companion*. Addison Wesley, 1998, ISBN 0-201-18462-1.

Méthode 5.6 – *uniqueInstance* (côté classe)

```
WebServer class>uniqueInstance
uniqueInstance ifNil: [uniqueInstance := self new].
^ uniqueInstance
```

La première fois que l'expression WebServer uniqueInstance est exécutée, une instance de la classe WebServer sera créée et affectée à la variable uniqueInstance. La seconde fois, l'instance précédemment créée sera retournée au lieu d'y avoir une nouvelle création.

Remarquons que la clause conditionnelle à l'intérieur du code de création de la méthode 5.6 est écrite `self new` et non `WebServer new`. Quelle en est la différence ? Comme la méthode `uniqueInstance` est définie dans `WebServer class`, vous pouvez penser qu'elles sont identiques. En fait, tant que personne ne crée une sous-classe de `WebServer`, elles sont pareilles. Mais en supposant que `ReliableWebServer` est une sous-classe de `WebServer` et qu'elle hérite de la méthode `uniqueInstance`, nous devrions nous attendre à ce que `ReliableWebServer uniqueInstance` réponde un `ReliableWebServer`. L'utilisation de `self` assure que cela arrivera car il sera lié à la classe correspondante. Du reste, notez que `WebServer` et `ReliableWebServer` ont chacune leur propre variable d'instance de classe nommée `uniqueInstance`.

Ces deux variables ont, bien entendu, différentes valeurs.

5.4 Toute classe a une super-classe

Chaque classe en Smalltalk hérite de son comportement et de la description de sa structure d'une unique *super-classe*. Ceci est équivalent à dire que Smalltalk a un héritage simple.

SmallInteger superclass	→	Integer
Integer superclass	→	Number
Number superclass	→	Magnitude
Magnitude superclass	→	Object
Object superclass	→	ProtoObject
ProtoObject superclass	→	nil

Traditionnellement, la racine de la hiérarchie d'héritage en Smalltalk est la classe `Object` ("Objet" en anglais ; puisque tout est objet). En Pharo, la racine est en fait une classe nommée `ProtoObject`, mais normalement, vous n'aurez aucune attention à accorder à cette classe. `ProtoObject` encapsule le jeu de messages restreint que tout objet *doit* avoir. N'importe comment, la plupart des classes héritent de `Object` qui, pour sa part, définit beaucoup de messages supplémentaires que presque tous les objets devraient comprendre et auxquels ils devraient pouvoir répondre. À moins que vous ayez une autre raison de

faire autrement, vous devriez normalement générer des classes d'application par l'héritage de la classe Object ou d'une de ses sous-classes lors de la création de classe.

 *Une nouvelle classe est normalement créée par l'envoi du message subclass: instanceVariableNames: ... à une classe existante. Il y a d'autres méthodes pour créer des classes. Veuillez jeter un coup d'œil au protocole Kernel-Classes ▷ Class ▷ subclass creation pour voir desquelles il s'agit.*

Bien que Pharo ne dispose pas d'héritage multiple, il [dispose d'un](#) mécanisme appelé *traits*¹⁰ pour partager le comportement entre des classes distincts. Les *traits* sont des collections de méthodes qui peuvent être réutilisées par plusieurs classes sans lien d'héritage. Employer les *traits* vous permet de partager du code entre les différentes classes sans reproduire ce code.

Les méthodes abstraites et les classes abstraites

Une classe abstraite est une classe qui n'existe que pour être héritée, au lieu d'être instanciée. Une classe abstraite est habituellement incomplète, dans le sens qu'elle ne définit pas toutes les méthodes qu'elle utilise. Les méthodes "manquantes" — celle que les autres méthodes envoient, mais qui ne sont pas définies elles-mêmes — sont dites méthodes abstraites.

Smalltalk n'a pas de syntaxe dédiée pour dire qu'une méthode ou qu'une classe est abstraite. Par convention, le corps d'une méthode abstraite contient l'expression `self subclassResponsibility`¹¹. Ceci est connu sous le nom de "marker method" ou marqueur de méthode ; il indique que les sous-classes ont la responsabilité de définir une version concrète de la méthode. Les méthodes `self subclassResponsibility` devraient toujours être surchargées, et ainsi, ne devraient jamais être exécutées. Si vous oubliez d'en surcharger une et que celle-ci est exécutée, une exception sera levée.

Une classe est considérée comme abstraite si une de ses méthodes est abstraite. Rien ne vous empêche de créer une instance d'une classe abstraite ; tout fonctionnera jusqu'à ce qu'une méthode abstraite soit invoquée.

Exemple : la classe `Magnitude`.

`Magnitude` est une classe abstraite qui nous aide à définir des objets pouvant être comparables les uns avec les autres. Les sous-classes de `Magnitude` devraient implémenter les méthodes `<`, `=` et `hash`¹². Grâce à ces messages, `Magnitude` définit d'autres méthodes telles que `>`, `>=`, `<=`, `max:`, `min:` `between:and:`

10. Dans le sens de trait de caractères, nous faisons allusion ainsi à la génétique du comportement d'une méthode.

11. Dans le sens, laissée à la responsabilité de la sous-classe.

12. Relatif au code de hachage.

et d'autres encore pour comparer des objets. Ces méthodes sont héritées par les sous-classes. La méthode `<` est abstraite et est définie comme dans la méthode 5.7.

Méthode 5.7 – `Magnitude»<.` Le commentaire dit : “répond si le receveur est inférieur à l’argument”

`Magnitude»< aMagnitude`

“Answer whether the receiver is less than the argument.”

↑self subclassResponsibility

A contrario, la méthode `>=` est concrète ; elle est définie en fonction de `<` :

Méthode 5.8 – `Magnitude»>=.` Le commentaire dit : “répond si le receveur est plus grand ou égal à l’argument”

`>= aMagnitude`

“Answer whether the receiver is greater than or equal to the argument.”

↑(self < aMagnitude) not

Il en va de même des autres méthodes de comparaison.

Character est une sous-classe de Magnitude ; elle surcharge la méthode `subclassResponsibility` de `<` avec sa propre version de `<` (voir méthode 5.9). Character définit aussi les méthodes `=` et `hash` ; elles héritent les méthodes `>=`, `<=`, `~=` et autres de la classe Magnitude.

Méthode 5.9 – `Character»<.` Le commentaire dit : “répond vrai si la valeur du receveur est inférieure à la valeur du l’argument”

`Character»< aCharacter`

“Answer true if the receiver’s value < aCharacter’s value.”

↑self asciiValue < aCharacter asciiValue

Traits

Un *trait* est une collection de méthodes qui peut être incluse dans le comportement d’une classe sans le besoin d’un héritage. Les classes disposent non seulement d’une seule super-classe mais aussi de la facilité offerte par le partage de méthodes utiles avec d’autres méthodes sans lien de parenté vis-à-vis de l’héritage.

Définir un nouveau *trait* se fait en remplaçant simplement le patron pour la création de la sous-classe par un message à la classe Trait.

Classe 5.10 – Définir un nouveau trait

```
Trait named: #TAuthor
uses: {}
category: 'PBE-LightsOut'
```

Nous définissons ici le *trait* TAuthor dans la catégorie *PBE-LightsOut*. Ce *trait* n'utilise¹³ aucun autre *trait* existant. En général, nous pouvons spécifier l'*expression de composition d'un trait* par d'autres *traits* en utilisant le mot-clé uses:. Dans notre cas, nous écrivons un tableau vide ({}).

Les *traits* peuvent contenir des méthodes, mais aucune variable d'instance. Supposons que nous voulons ajouter une méthode author (auteur en anglais) à différentes classes sans lien hiérarchique ; nous le ferions ainsi :

Méthode 5.11 – Définir la méthode author

```
TAuthor»author
"Returns author initials"
↑ 'on'   "oscar nierstrasz"
```

Maintenant nous pouvons employer ce *trait* dans une classe ayant déjà sa propre super-classe, disons, la classe LOGame que nous avons définie dans le chapitre 2. Nous n'avons qu'à modifier le patron de création de la classe LOGame pour y inclure cette fois l'argument-clé uses: suivi du *trait* à utiliser : TAuthor.

Classe 5.12 – Utiliser un trait

```
BorderedMorph subclass: #LOGame
uses: TAuthor
instanceVariableNames: 'cells'
classVariableNames: ''
poolDictionaries: ''
category: 'PBE-LightsOut'
```

Si nous instancions maintenant LOGame, l'instance répondra comme prévu au message author.

```
LOGame new author → 'on'
```

Les expressions de composition de *trait* peuvent combiner plusieurs *traits* via l'opérateur +. En cas de conflit (*c-à-d.* quand plusieurs *traits* définissent des méthodes avec le même nom), ces conflits peuvent être résolus en retirant explicitement ces méthodes (avec -) ou en redéfinissant ces méthodes dans la classe ou le *trait* que vous êtes en train de définir. Il est possible aussi de créer un *alias* des méthodes (avec @) leur fournissant ainsi un nouveau nom.

13. Terme anglais : *uses* : il signifie “utilise”.

Les *traits* sont employés dans le noyau du système¹⁴. Un bon exemple est la classe Behavior.

Classe 5.13 – Behavior définit par les traits

```
Object subclass: #Behavior
  uses: TPureBehavior @ {#basicAddTraitSelector:withMethod:->
    #addTraitSelector:withMethod:}
  instanceVariableNames: 'superclass methodDict format'
  classVariableNames: 'ObsoleteSubclasses'
  poolDictionaries: ''
  category: 'Kernel-Classes'
```

Ici, nous voyons que la méthode basicAddTraitSelector:withMethod: définie dans le trait TPureBehavior a été renommée en addTraitSelector:withMethod:. Les *traits* sont à présent supportés par les navigateurs de classe (ou *browsers*).

5.5 Tout se passe par envoi de messages

Cette règle résume l'essence même de la programmation en Smalltalk.

Dans la programmation procédurale, lorsqu'une procédure est appelée, l'appelant (*caller*, en anglais) fait le choix du morceau de code à exécuter ; il choisit la procédure ou la fonction à exécuter *statiquement*, par nom.

En programmation orientée objet, nous ne faisons *pas* d'"appel de méthodes". Nous faisons un "envoi de messages." Le choix de terminologie est important. Chaque objet a ses propres responsabilités. Nous ne pouvons *dire* à un objet ce qu'il faut faire en lui imposant une procédure. Au lieu de cela, nous devons lui *demander* poliment de faire quelque chose en lui envoyant un message. Le message n'est *pas* un morceau de code : ce n'est rien d'autre qu'un nom (sélecteur) et une liste d'arguments. Le receveur décide alors de comment y répondre en sélectionnant en retour sa propre méthode correspondant à ce qui a été demandé. Puisque des objets distincts peuvent avoir différentes méthodes pour répondre à un même message, le choix de la méthode doit se faire *dynamiquement* à la réception du message.

3 + 4	→	7	"envoie le message + d'argument 4 à l'entier 3"
(1@2) + 4	→	5@6	"envoie le message + d'argument 4 au point (1@2)"

En conséquence, nous pouvons envoyer le *même message* à différents objets, chacun pouvant avoir *sa propre méthode* en réponse au message. Nous ne disons pas à SmallInteger 3 ou au Point 1@2 comment répondre au message + 4. Chacun a sa propre méthode pour répondre à cet envoi de message, et répond ainsi selon le cas.

14. En anglais, System kernel.

L'une des conséquences du modèle d'envoi de messages de Smalltalk est qu'il encourage un style de programmation dans lequel les objets tendent à avoir des méthodes très compactes en déléguant des tâches aux autres objets, plutôt que d'implémenter de gigantesques méthodes procédurales engendrant trop de responsabilité. Joseph Pelrine dit succinctement le principe suivant :

Ne fais rien que tu ne peux déléguer à quelqu'un d'autre †.

†. Don't do anything that you can push off onto someone else.

Beaucoup de langages orientés objets disposent à la fois d'opérations statiques et dynamiques pour les objets ; en Smalltalk il n'y a qu'envois de messages dynamiques. Au lieu de fournir des opérations statiques sur les classes, nous leur envoyons simplement des messages, puisque les classes sont aussi des objets.

Pratiquement tout en Smalltalk se passe par envoi de messages. À certains stades, le pragmatisme doit prendre le relais :

- Les *déclarations de variable* ne reposent pas sur l'envoi de messages. En fait, les déclarations de variable ne sont même pas exécutables. Déclarer une variable produit simplement l'allocation d'un espace pour la référence de l'objet.
- Les *affectations* (ou assignations) ne reposent pas sur l'envoi de messages. L'affectation d'une variable produit une liaison de nom de variable dans le cadre de sa définition.
- Les *retours* (ou renvois) ne reposent pas sur l'envoi de message. Un retour ne produit que le retour à l'envoyeur du résultat calculé.
- Les *primitives* ne reposent pas sur l'envoi de message. Elles sont codées au niveau de la machine virtuelle.

À quelques autres exceptions près, presque tout le reste se déroule véritablement par l'envoi de messages. En particulier, la seule façon de mettre à jour une variable d'instance d'un autre objet est de lui envoyer un message réclamant le changement de son propre attribut (ou champ) car ces derniers ne sont pas des "attributs publics" en Smalltalk. Bien entendu, offrir des méthodes d'accès dites accesseurs (*getter*, en anglais, retournant l'état de la variable) et mutateurs (*setter* en anglais, changeant la variable) pour chaque variable d'instance d'un objet n'est pas une bonne méthodologie orientée objet. Joseph Pelrine annonce aussi à juste titre :

Ne laissez jamais personne d'autre jouer avec vos données †.

†. Don't let anyone else play with your data.

5.6 La recherche de méthode suit la chaîne d'héritage

Qu'arrive-t-il exactement quand un objet reçoit un message ?

Le processus est relativement simple : la classe du receveur cherche la méthode à utiliser pour opérer le message. Si cette classe n'a pas de méthode, elle demande à sa super-classe et remonte ainsi de suite la chaîne d'héritage. Quand la méthode est enfin trouvée, les arguments sont affectés aux paramètres de la méthode et la machine virtuelle l'exécute.

C'est, en essence, aussi simple que cela. Mais il reste quelques questions auxquelles nous devons prendre soin de répondre :

- *Que se passe-t-il lorsque une méthode ne renvoie pas explicitement une valeur ?*
- *Que se passe-t-il quand une classe réimplémente une méthode d'une super-classe ?*
- *Quelle différence y a-t-il entre les envois faits à self et ceux faits à super ?*
- *Que se passe-t-il lorsqu'aucune méthode est trouvée ?*

Les règles pour la recherche par référencement (en anglais *lookup*) présentées ici sont conceptuelles : des réalisations au sein de la machine virtuelle ruseront pour optimiser la vitesse de recherche des méthodes. C'est leur travail mais tout est fait pour que vous ne remarqueriez jamais qu'elles font quelque chose de différent des règles énoncées.

Tout d'abord, penchons-nous sur la stratégie de base de la recherche. Ensuite nous répondrons aux questions.

La recherche de méthode

Supposons la création d'une instance de EllipseMorph.

```
anEllipse := EllipseMorph new.
```

Si nous envoyons à cet objet le message `defaultColor`, nous obtenons le résultat `Color yellow`¹⁵ :

```
anEllipse defaultColor → Color yellow
```

La classe `EllipseMorph` implémente `defaultColor`, donc la méthode adéquate est trouvée immédiatement.

Méthode 5.14 – *Une méthode implementée localement. Le commentaire dit : "retourne la couleur par défaut ; le style de remplissage pour le receveur"*

```
EllipseMorph»defaultColor
```

15. Yellow est la couleur jaune.

"answer the default color/fill style for the receiver"

↑ Color yellow

A contrario, si nous envoyons le message `openInWorld` à `anEllipse`, la méthode n'est pas trouvée immédiatement parce que la classe `EllipseMorph` n'implémente pas `openInWorld`. La recherche continue plus avant dans la super-classe `BorderedMorph`, puis ainsi de suite, jusqu'à ce qu'une méthode `openInWorld` soit trouvée dans la classe `Morph` (voir la figure 5.2).

Méthode 5.15 – Une méthode héritée. Le commentaire dit : "Ajoute ce morph dans le monde (world)."

`Morph»openInWorld`

"Add this morph to the world."

`self openInWorld: self currentWorld`

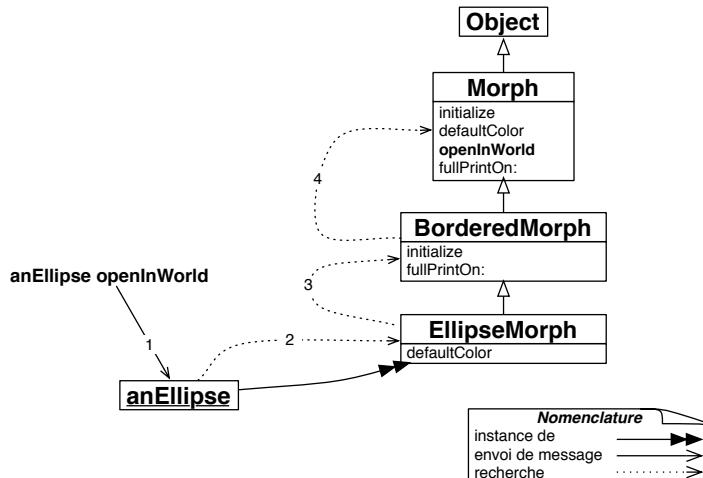


FIGURE 5.2 – Recherche par référencement d'une méthode suivant la hiérarchie d'héritage.

Renvoyer self

Remarquez que `EllipseMorph»defaultColor` (méthode 5.14) renvoie explicitement `Color yellow` alors que `Morph»openInWorld` (méthode 5.15) semble ne rien retourner.

En réalité une méthode renvoie *toujours* une valeur — qui est, bien entendu, un objet. La réponse peut être explicitement définie par l'utilisation du

symbole \uparrow dans la méthode. Si lors de l'exécution, on atteint la fin de la méthode sans avoir rencontré de \uparrow , la méthode retournera toujours une valeur : l'objet receveur lui-même. On dit habituellement que la méthode "renvoie self", parce qu'en Smalltalk la pseudo-variable `self` représente le receveur du message. En Java, on utilise le mot-clé `this`.

Ceci induit le constat suivant : la méthode 5.15 est équivalent à la méthode 5.16 :

Méthode 5.16 – *Renvoi explicite de self. Le dernier commentaire dit : "Ne faites pas cela à moins d'en être sûr"*

```
Morph»openInWorld
  "Add this morph to the world."
self openInWorld: self currentWorld.
  ↑ self  "Don't do this unless you mean it"
```

Pourquoi écrire \uparrow `self` explicitement n'est pas une bonne chose à faire ? Parce que, quand vous renvoyez explicitement quelque chose, vous communiquez que vous retournez quelque chose d'importance à l'expéditeur du message. Dès lors vous spécifiez que vous attendez que l'expéditeur fasse quelque chose de la valeur renournée. Puisque ce n'est pas le cas ici, il est préférable de ne pas renvoyer explicitement `self`.

C'est une convention en Smalltalk, ainsi résumé par Kent Beck se référant à la *valeur de retour importante* "Interesting return value"¹⁶ :

Renvoyez une valeur seulement quand votre objet expéditeur en a l'usage †.

†. Return a value only when you intend for the sender to use the value.

Surcharge et extension.

Si nous revenons à la hiérarchie de classe `EllipseMorph` dans la figure 5.2, nous voyons que les classes `Morph` et `EllipseMorph` implémentent toutes deux `defaultColor`. En fait, si nous ouvrons un nouvel élément graphique `morph` (`Morph new openInWorld`), nous constatons que nous obtenons un morph bleu, là où l'ellipse (`EllipseMorph`) est jaune (yellow) par défaut.

Nous disons que `EllipseMorph` *surcharge* la méthode `defaultColor` qui hérite de `Morph`. La méthode héritée n'existe plus du point de vue `anEllipse`.

16. Kent Beck, *Smalltalk Best Practice Patterns*. Prentice-Hall, 1997.

Parfois nous ne voulons pas surcharger les méthodes héritées, mais plutôt les étendre avec de nouvelles fonctionnalités ; autrement dit, nous souhaiterions pouvoir invoquer la méthode surchargée *complétée* par la nouvelle fonctionnalité que nous aurons définie dans la sous-classe. En Smalltalk, comme dans beaucoup de langages orientés objet reposant sur l'héritage simple, nous pouvons le faire à l'aide d'un envoi de message à super.

La méthode initialize est l'exemple le plus important de l'application de ce mécanisme. Quand une nouvelle instance d'une classe est initialisée, il est vital d'initialiser toutes les variables d'instance héritées. Cependant, les méthodes initialize de chacune des super-classes de la chaîne d'héritage fournissent déjà la connaissance nécessaire. La sous-classe n'a pas à s'occuper d'initialiser les variables d'instance héritées !

C'est une bonne pratique d'envoyer super initialize avant tout autre considération lorsque nous créons une méthode d'initialisation :

Méthode 5.17 – *Super initialize*. Le commentaire dit : “initialise l'état du receveur”

```
BorderedMorph»initialize
    "initialize the state of the receiver"
    super initialize.
    self borderInitialize
```

Une méthode initialize devrait toujours commencer par la ligne super initialize.

Self et super

Nous avons besoin des envois sur super pour réutiliser le comportement hérité qui pourrait sinon être surchargé. Cependant, la technique habituelle de composition de méthodes, héritées ou non, est basée sur l'envoi à self.

Comment l'envoi à self diffère de celle avec super ? Comme self, super représente le receveur du message. La seule différence est dans la méthode de recherche. Au lieu de faire partir la recherche depuis la classe du receveur, celle-ci démarre dans la super-classe de la méthode dans laquelle l'envoi à super se produit.

Remarquez que super n'est pas la super-classe ! C'est une erreur courante et normale que de le penser. C'est aussi une erreur de penser que la recherche commence dans la super-classe du receveur. Nous allons voir précisément comment cela marche avec l'exemple suivant.

Considérons le message constructorString, que nous pouvons envoyer à n'importe quel morph :

```
anEllipse constructorString → '((EllipseMorph newBounds: (0@0 corner: 50@40)
color: Color yellow) setBorderWidth: 1 borderColor: Color black)'
```

La valeur de retour est une chaîne de caractères qui peut être évaluée pour recréer un morph.

Comment ce résultat est-il exactement obtenu grâce à l'association de self et de super ? Pour commencer, anEllipse constructorString trouvera la méthode constructorString dans la classe Morph, comme vu dans la figure 5.3.

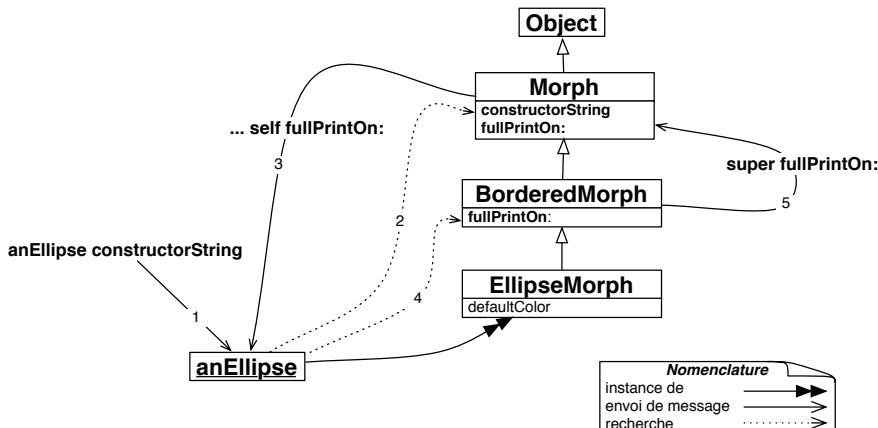


FIGURE 5.3 – Les envois à self et super.

Méthode 5.18 – Un envoi à self

```
Morph>constructorString
↑ String streamContents: [:s | self printConstructorOn: s indent: 0]
```

La méthode `Morph>constructorString` envoie `printConstructorOn:indent:` à `self`. Ce message est recherché dans la hiérarchie en commençant dans la classe `EllipseMorph` et finalement trouvé dans `Morph`. Cette méthode en retour envoie à `self` le message `printConstructorOn:indent:nodeDict:`, qui, à son tour, envoie `fullPrintOn:` à `self`. Encore une fois, `fullPrintOn:` est recherché depuis la classe `EllipseMorph` et `fullPrintOn:` est trouvée dans `BorderedMorph` (revoir la figure 5.3)

Un envoi à self déclenche le départ de la recherche *dynamique* de méthode dans la classe du receveur.

Méthode 5.19 – Combiner l'usage de super et self

```
BorderedMorph»fullPrintOn: aStream
aStream nextPutAll: '('.
super fullPrintOn: aStream.
aStream nextPutAll: ') setBorderWidth: '; print: borderWidth;
nextPutAll: ' borderColor: ', (self colorString: borderColor)
```

Maintenant, BorderedMorph»fullPrintOn: utilise l'envoi à super pour étendre le comportement fullPrintOn: hérité de sa super-classe. Parce qu'il s'agit d'un envoi à super, la recherche démarre alors depuis la super-classe de la classe dans laquelle se produit l'envoi à super, autrement dit, dans Morph. Nous trouvons ainsi immédiatement Morph»fullPrintOn: que nous évaluons.

Notez que la recherche sur super n'a pas commencé dans la super-classe du receveur. Ainsi il en aurait résulté un départ de la recherche depuis BorderedMorph, créant alors une boucle infinie !

Un envoi à super déclenche un départ de recherche *statische* de méthode dans la super-classe de la classe dont la méthode envoie le message à super.

Si vous regardez attentivement l'envoi à super et la figure 5.3, vous réaliserez que les liens à super sont statiques : tout ce qui importe est la classe dans laquelle le texte de l'envoi à super est trouvé. A contrario, le sens de self est dynamique : self représente toujours le receveur du message courant exécuté. Ce qui signifie que *tout* message envoyé à self est recherché en partant de la classe du receveur.

MessageNotUnderstood

Que se passe-t-il si la méthode que nous cherchons n'est pas trouvée ?

Supposons que nous envoyions le message foo à une ellipse anEllipse. Tout d'abord, la recherche normale de cette méthode aurait à parcourir toute la chaîne d'héritage jusqu'à la classe Object (ou plutôt ProtoObject). Comme cette méthode n'est pas trouvée, la machine virtuelle veillera à ce que l'object envoie self doesNotUnderstand: #foo. (voir la figure 5.4.)

Ceci est un envoi dynamique de message tout à fait normal. Ainsi la recherche recommence depuis la classe EllipseMorph, mais cette fois-ci en cherchant la méthode doesNotUnderstand:¹⁷. Il apparaît que Object implémente doesNotUnderstand:. Cette méthode créera un nouvel objet MessageNotUnderstood (en français : Message incompréhensible) capable de démarrer Debugger, le débogueur, dans le contexte actuel de l'exécution.

17. Le nom du message peut se traduire par : *ne comprend pas*.

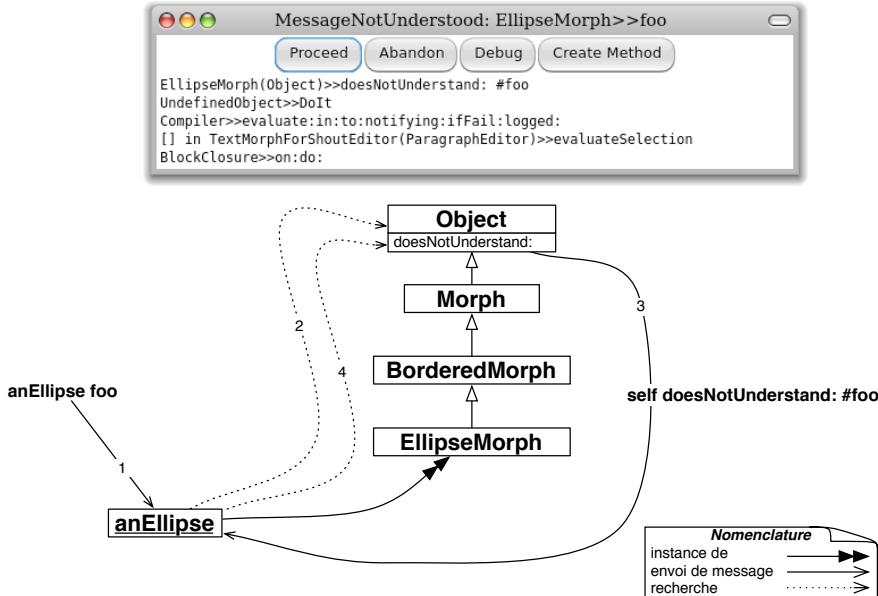


FIGURE 5.4 – Le message foo n'est pas compris (not understood).

Pourquoi prenons-nous ce chemin sinuieux pour gérer une erreur si évidente ? Parce qu'en faisant ainsi, le développeur dispose de tous les outils pour agir alternativement grâce à l'interception de ces erreurs. N'importe qui peut surcharger la méthode `doesNotUnderstand:` dans une sous-classe de `Object` en étendant ses possibilités en offrant une façon différente de capturer l'erreur.

En fait, nous simplifions la vie en implémentant une délégation automatique de messages d'un objet à un autre. Un objet `Delegator` peut simplement déléguer tous les messages qu'il ne comprend pas à un autre objet responsable de les gérer ou de lever une erreur lui-même !

5.7 Les variables partagées

Maintenant, intéressons-nous à un aspect de Smalltalk que nous n'avons pas couvert par nos cinq règles : les variables partagées.

Smalltalk offre trois sortes de variables partagées : (1) les variables *globales* ; (2) les *variables de classe* partagées entre les instances et les classes, et (3) les variables partagées parmi un groupe de classes ou *variables de pool*. Les noms de toutes ces variables partagées commencent par une lettre capitale

(majuscule), pour nous informer qu'elles sont partagées entre plusieurs objets.

Les variables globales

En Pharo, toutes les variables globales sont stockées dans un espace de nomenclature appelé Smalltalk qui est une instance de la classe SystemDictionary. Les variables globales sont accessibles de partout. Toute classe est nommée par une variable globale ; en plus, quelques variables globales sont utilisées pour nommer des objets spéciaux ou couramment utilisés.

La variable Transcript nomme une instance de TranscriptStream, un flux de données ou *stream* qui écrit dans une fenêtre à ascenseur (dite aussi *scrollable*). Le code suivant affiche des informations dans le Transcript en passant une ligne.

```
Transcript show: 'Pharo est extra' ; cr
```

Avant vous lancez la commande `do it`, ouvrez un Transcript en [sélectionnant World > Tools ... > Transcript](#).

ASTUCE Écrire dans le Transcript est lent, surtout quand la fenêtre Transcript est ouverte. Ainsi, si vous constatez un manque de réactivité de votre système alors que vous êtes en train d'écrire dans le Transcript, pensez à le minimiser (bouton collapse this window).

D'autres variables globales utiles

- Smalltalk est une instance de SystemDictionary (Dictionnaire Système) définissant toutes les variables globales — dont l'objet Smalltalk lui-même. Les clés de ce dictionnaire sont des symboles nommant les objets globaux dans le code Smalltalk. Ainsi par exemple,

```
Smalltalk at: #Boolean → Boolean
```

Puisque Smalltalk est aussi une variable globale lui-même,

```
Smalltalk at: #Smalltalk → a SystemDictionary(lots of globals)}
```

et

```
(Smalltalk at: #Smalltalk) == Smalltalk → true
```

- Sensor est une instance of EventSensor. Il représente les entrées interactives ou interfaces de saisie (en anglais, *input*) dans Pharo. Par exemple, Sensor keyboard retourne le caractère suivant saisi au clavier, et Sensor leftShiftDown répond true (vrai en booléen) si la touche *shift* gauche est

maintenue enfoncée, alors que `Sensor mousePoint` renvoie un `Point` indiquant la position actuelle de la souris.

- `World` (Monde en anglais) est une instance de `PasteUpMorph` représentant l'écran. `World bounds` retourne un rectangle définissant l'espace tout entier de l'écran ; tous les morphs (objet `Morph`) sur l'écran sont des sous-morphs ou *submorphs* de `World`.
- `ActiveHand` est l'instance courante de `HandMorph`, la représentation graphique du curseur. Les sous-morphs de `ActiveHand` tiennent tout ce qui est glissé par la souris.
- `Undeclared`¹⁸ est un autre dictionnaire — il contient toutes les variables non déclarées. Si vous écrivez une méthode qui référence une variable non déclarée, le navigateur de classe (`Browser`) vous l'annoncera normalement pour que vous la déclariez, par exemple, en tant que variable globale ou variable d'instance de la classe. Cependant, si par la suite, vous effacez la déclaration, le code référencera une variable non déclarée. Inspecter `Undeclared` peut parfois expliquer des comportements bizarres !
- `SystemOrganization` est une instance de `SystemOrganizer` : il enregistre l'organisation des classes en paquets. Plus précisément, il catégorise les *noms* des classes, ainsi

```
SystemOrganization categoryOfElement: #Magnitude → #'Kernel-Numbers'
```

Une pratique courante est de limiter fortement l'usage des variables globales ; il est toujours préférable d'utiliser des variables d'instance de classe ou des variables de classes et de fournir des méthodes de classe pour y accéder. En effet, si aujourd'hui Pharo devait être reprogrammé à partir de zéro¹⁹, la plupart des variables globales qui ne sont pas des classes seraient remplacées par des `Singlenton`s.

La technique habituellement employée pour définir une variable globale est simplement de faire un `do it` sur une affectation d'un identifiant non déclaré commençant par une majuscule. Dès lors, l'analyseur syntaxique ou *parser* vous la déclarera en tant que variable globale. Si vous voulez en définir une de manière programmatique, exécutez Smalltalk at: `#AGlobalName put: nil`. Pour l'effacer, exécutez Smalltalk `removeKey: #AGlobalName`.

Les variables de classe

Nous avons besoin parfois de partager des données entre les instances d'une classe et la classe elle-même. C'est possible grâce aux *variables de classe*. Le terme variable de classe indique que le cycle de vie de la variable est le même que celui de la classe. Cependant, le terme ne véhicule pas l'idée que

18. Non déclaré, en français.

19. Le terme anglais est : *from scratch*, signifiant depuis le début.

ces variables sont partagées aussi bien parmi toutes les instances d'une classe que dans la classe elle-même comme nous pouvons le voir sur la figure 5.5. En fait, *variables partagées* (ou *shared variables*, en anglais) aurait été un meilleur nom car ce dernier exprime plus clairement leur rôle tout en pointant le danger de les utiliser, en particulier si elles sont sujettes aux modifications.

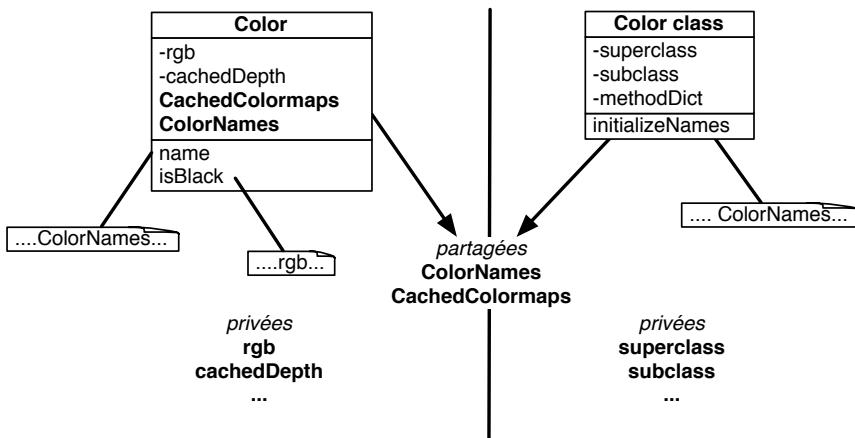


FIGURE 5.5 – Des méthodes d’instance et de classe accédant à différentes variables.

Sur la figure 5.5 nous voyons que `rgb` et `cachedDepth` sont des variables d’instance de `Color` uniquement accessibles par les instances de `Color`. Nous remarquons aussi que `superclass`, `subclass`, `methodDict`... etc, sont des variables d’instance de classe, *c-à-d.* des variables d’instance accessibles seulement par `Color class`.

Mais nous pouvons noter quelque chose de nouveau : `ColorNames` et `CachedColormaps` sont des *variables de classe* définies pour `Color`. La capitalisation du nom de ces variables nous donne un indice sur le fait qu’elles sont partagées. En fait, non seulement toutes les instances de `Color` peuvent accéder à ces variables partagées, mais aussi la classe `Color` elle-même, ainsi que *toutes ses sous-classes*. Les méthodes d’instance et de classe peuvent accéder toutes les deux à ces variables partagées.

Une variable de classe est déclarée dans le patron de définition de la classe. Par exemple, la classe `Color` définit un grand nombre de variables de classe pour accélérer la création des couleurs ; sa définition est visible ci-dessous (classe 5.20).

Classe 5.20 – Color et ces variables de classe

```
Object subclass: #Color
instanceVariableNames: 'rgb cachedDepth cachedBitPattern'
classVariableNames: 'Black Blue BlueShift Brown CachedColormaps ColorChart
ColorNames ComponentMask ComponentMax Cyan DarkGray Gray
GrayToIndexMap Green GreenShift HalfComponentMask HighLightBitmaps
IndexedColors LightBlue LightBrown LightCyan LightGray LightGreen LightMagenta
LightOrange LightRed LightYellow Magenta MaskingMap Orange PaleBlue
PaleBuff PaleGreen PaleMagenta PaleOrange PalePeach PaleRed PaleTan
PaleYellow PureBlue PureCyan PureGreen PureMagenta PureRed PureYellow
RandomStream Red RedShift TranslucentPatterns Transparent VeryDarkGray
VeryLightGray VeryPaleRed VeryVeryDarkGray VeryVeryLightGray White Yellow'
poolDictionaries: ""
category: 'Graphics-Primitives'
```

La variable de classe `ColorNames` est un tableau contenant le nom des couleurs fréquemment utilisées. Ce tableau est partagé par toutes les instances de `Color` et de sa sous-classe `TranslucentColor`. Elles sont accessibles via les méthodes d'instance et de classe.

`ColorNames` est initialisée une fois dans `Color class»initializeNames`, mais elle est en libre accès depuis les instances de `Color`. La méthode `Color»name` utilise la variable pour trouver le nom de la couleur. Il semble en effet inopportun d'ajouter une variable d'instance `name` à chaque couleur car la plupart des couleurs n'ont pas de noms.

L'initialisation de classe

La présence de variables de classe lève une question : comment les initialiser ?

Une solution est l'initialisation dite paresseuse (ou *lazy initialization* en anglais). Cela est possible avec l'introduction d'un message d'accès qui initialise la variable, durant l'exécution, si celle-ci n'a pas été encore initialisée. Ceci nous oblige à utiliser la méthode d'accès tout le temps et de ne jamais faire appel à la variable de classe directement. De plus, notons que le coût de l'envoi d'un accesseur et le test d'initialisation sont à prendre en compte. Ceci va à l'encontre de notre motivation à utiliser une variable de classe, parce qu'en réalité elle n'est plus partagée.

Méthode 5.21 – `Color class»colorNames`

```
Color class»colorNames
ColorNames ifNil: [self initializeNames].
^ ColorNames
```

Une autre solution consiste à surcharger la méthode `initialize`.

Méthode 5.22 – *Color class»initialize*

```
Color class»initialize
...
self initializeNames
```

Si vous adoptez cette solution, vous devez vous rappeler qu'il faut invoquer la méthode initialize après que vous l'ayez définie, *par ex.*, en utilisant Color initialize . Bien que les méthodes côté classe initialize soient exécutées automatiquement lorsque le code est chargé en mémoire, elles ne sont *pas* exécutées durant leur saisie et leur compilation dans le navigateur Browser ou en phase d'édition et de recompilation.

Les variables de pool

Les variables de *pool*²⁰ sont des variables qui sont partagées entre plusieurs classes qui ne sont pas liées par une arborescence d'héritage. À la base, les variables de pool sont stockées dans des dictionnaires de pool ; maintenant elles devraient être définies comme variables de classe dans des classes dédiées (sous-classes de SharedPool). Notre conseil : évitez-les. Vous n'en aurez besoin qu'en des circonstances exceptionnelles et spécifiques. Ici, notre but est de vous expliquer suffisamment les variables de pool pour comprendre leur fonction quand vous les rencontrez durant la lecture de code.

Une classe qui accède à une variable de pool doit mentionner le *pool* dans sa définition de classe. Par exemple, la classe Text indique qu'elle emploie le dictionnaire de pool TextConstants qui contient toutes les constantes textuelles telles que CR and LF. Ce dictionnaire a une clé #CR à laquelle est affectée la valeur Character cr, *c-à-d.* le caractère retour-chariot ou *carriage return*.

Classe 5.23 – *Dictionnaire de pool dans la classe Text*

```
ArrayedCollection subclass: #Text
  instanceVariableNames: 'string runs'
  classVariableNames: ''
  poolDictionaries: 'TextConstants'
  category: 'Collections-Text'
```

Ceci permet aux méthodes de la classe Text d'accéder aux clés du dictionnaire *directement* dans le corps de la méthode, *c-à-d.* en utilisant la syntaxe de variable plutôt qu'une recherche explicite dans le dictionnaire. Par exemple, nous pouvons écrire la méthode suivante.

Méthode 5.24 – *Text»testCR*

```
Text»testCR
↑ CR == Character cr
```

20. Pool signifie piscine en anglais, ces variables sont dans un même bain !

Encore une fois, nous recommandons d'éviter d'utiliser les variables et les dictionnaires de pool.

5.8 Résumé du chapitre

Le modèle objet de Pharo est à la fois simple et uniforme. Tout est objet et quasiment tout se passe via l'envoi de messages.

- Tout est objet. Les entités primitives telles que les entiers sont des objets, tout comme il est vrai que les classes soient des objets de premier ordre.
- Tout objet est instance d'une classe. Les classes définissent la structure de leurs instances via des variables d'instance *privées* et leur comportement via des méthodes *publiques*. Chaque classe est l'unique instance de sa métaclass. Les variables de classe sont des variables privées partagées par la classe et toutes les instances de la classe. Les classes ne peuvent pas accéder directement aux variables d'instance de leurs instances et les instances ne peuvent pas accéder aux variables de classe de leur classe. Les méthodes d'accès (accesseurs et mutateurs) doivent être définies au besoin.
- Toute classe a une super-classe. La racine de la hiérarchie basée sur l'héritage simple est `ProtoObject`. Cependant les classes que vous définissez devrait normalement hériter de la classe `Object` ou de ses sous-classes. Il n'y a pas d'élément sémantique pour la définition de classes abstraites. Une classe abstraite est simplement une classe avec au moins une méthode abstraite — une dont l'implémentation contient l'expression `self subclassResponsibility`. Bien que Pharo ne dispose que du principe d'héritage simple, il est facile de partager les implémentations de méthodes en regroupant ces dernières en *traits*.
- Tout se passe par envoi de messages.
Nous ne faisons pas des "appels de méthodes", nous faisons des "envois de messages". Le receveur choisit alors sa propre méthode pour répondre au message.
- La recherche de méthodes suit la chaîne d'héritage ; Les envois à `self` sont dynamiques et la recherche de méthode démarre dans le receveur de la classe, alors que celles à `super` sont statiques et la recherche commence dans la super-classe de la classe dans laquelle l'envoi à `super` est écrit.
- Il y a trois sortes de variables partagées. Les variables globales sont accessibles partout dans le système. Les variables de classe sont partagées entre une classe, ses sous-classes et ses instances. Les variables de pool sont partagées dans un ensemble de classes particulier. Vous devez éviter l'emploi de variables partagées autant que possible.

Chapitre 6

L'environnement de programmation de Pharo

L'objectif de ce chapitre est de vous montrer comment développer des programmes dans l'environnement de programmation de Pharo. Vous avez déjà vu comment définir des méthodes et des classes en utilisant le navigateur de classes ; ce chapitre vous présentera plus de caractéristiques du Browser ainsi que de nouveaux navigateurs.

Bien entendu, vous pouvez occasionnellement rencontrer des situations dans lesquelles votre programme ne marche pas comme voulu. Pharo a un excellent débogueur, mais comme la plupart des outils puissants, il peut s'avérer déroutant au début. Nous vous en parlerons au travers de sessions de débogages et vous montrerons certaines de ses possibilités.

Lorsque vous programmez, vous le faites dans un monde d'objets vivants et non dans un monde de programmes textuels statiques ; c'est une des particularités uniques de Smalltalk. Elle permet d'obtenir une réponse très rapide de vos programmes et vous rend plus productif. Il y a deux outils vous permettant l'observation et aussi la modification de ces objets vivants : l'*Inspector* (ou inspecteur) et l'*Explorer* (ou explorateur).

La programmation dans un monde d'objets vivants plutôt qu'avec des fichiers et un éditeur de texte vous oblige à agir explicitement pour exporter votre programme depuis l'image Smalltalk.

La technique traditionnelle, aussi supportée par tous les dialectes Smalltalk consiste à créer un fichier d'exportation *fileout* ou une archive d'échange dit *change set*. Il s'agit principalement de fichiers textes encodés pouvant être importés dans un autre système. Une technique plus récente de Pharo est le chargement de code dans un dépôt de versions sur un serveur. Elle est plus efficace surtout en travail coopératif et est rendu possible via un outil nommé

Monticello.

Finalement, en travaillant, vous pouvez trouver un *bug* (dit aussi bogue) dans Pharo ; nous vous expliquerons aussi comment reporter les bugs et comment soumettre les corrections de bugs ou *bug fixes*.

6.1 Une vue générale

Smalltalk et les interfaces graphiques modernes ont été développées ensemble. Bien avant la première sortie publique de Smalltalk en 1983, Smalltalk avait un environnement de développement graphique écrit lui-même en Smalltalk et tout le développement est intégré à cet environnement. Commençons par jeter un coup d'œil sur les principaux outils de Pharo.

- Le **Browser** ou *navigateur de classes* est l'outil de développement central. Vous l'utiliserez pour créer, définir et organiser vos classes et vos méthodes. Avec lui, vous pourrez aussi naviguer dans toutes les classes de la bibliothèque de classes : contrairement aux autres environnements où le code source est réparti dans des fichiers séparés, en Smalltalk toutes les classes et méthodes sont contenues dans l'image.
- L'outil **Message Names** sert à voir toutes les méthodes ayant un sélecteur (noms de messages sans argument) spécifique ou dont le sélecteur contient une certaine sous-chaine de caractères.
- Le **Method Finder** vous permet aussi de trouver des méthodes, soit selon leur *comportement*, soit en fonction de leur nom.
- Le **Monticello Browser** est le point de départ pour le chargement ou la sauvegarde de code via des paquetages Monticello dit aussi *packages*.
- Le **Process Browser** offre une vue sur l'ensemble des processus (threads) exécutés dans Smalltalk.
- Le **Test Runner** permet de lancer et de déboguer les tests unitaires SUnit. Il est décrit dans le chapitre 7.
- Le **Transcript** est une fenêtre sur le flux de données sortant de Transcript. Il est utile pour écrire des fichiers-journaux ou *log* et a déjà été étudié dans la section 1.4.
- Le **Workspace** ou *espace de travail* est une fenêtre dans laquelle vous pouvez entrer des commandes. Il peut être utilisé dans plusieurs buts mais il l'est plus généralement pour taper des expressions Smalltalk et les exécuter avec `do it`¹. L'utilisation de Workspace a déjà été vu dans la section 1.4.

L'outil **Debugger** a un rôle évident, mais vous découvrirez qu'il a une place plus centrale **comparé aux débogueurs d'autres langages de programmation** car en Smalltalk vous pouvez *programmer* dans l'outil Debugger. Il n'est pas lancé depuis un menu ; il apparaît normalement en situation d'erreur, en

1. En anglais, *do it* correspond à l'exclamation "fais-le!".

tapant CMD-. pour interrompre un processus lancé ou encore en insérant une expression self halt dans le code.

6.2 Le Browser

De nombreux navigateur de classes ou *browsers* ont été développés pour Smalltalk durant des années. Pharo simplifie l'histoire en proposant un unique navigateur disposant de multiples vues, le Browser. La figure 6.1 présente le Browser tel qu'il apparaît lorsque vous l'ouvrez pour la première fois².

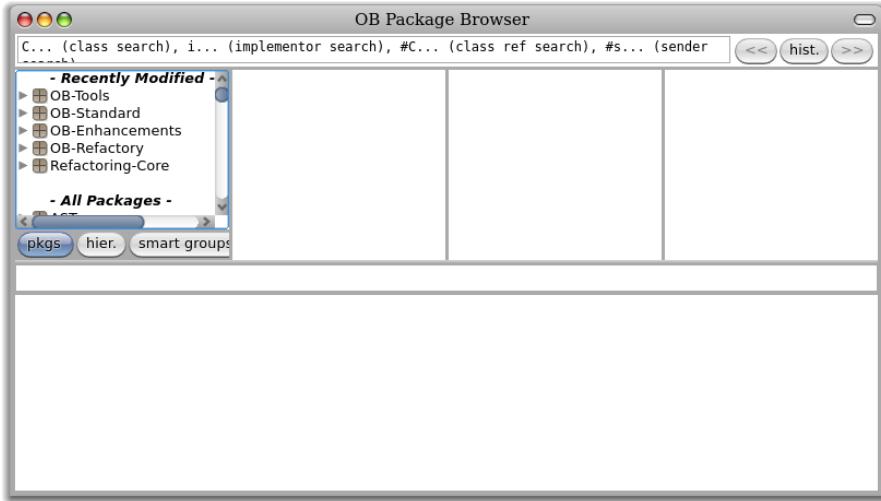


FIGURE 6.1 – Le navigateur de classes.

Les quatre petits panneaux en haut du Browser représentent la vue hiérarchique des méthodes dans le système de la même manière que le *File Viewer* de NeXTstep et le *Finder* de Mac OS X fournissent une vue en colonnes des fichiers du disque.

Le premier panneau de gauche liste les *paquetages* de classes ou, en anglais, *packages*; sélectionnez-en une (disons *Kernel*) et alors le panneau immédiatement à droite affichera toutes les classes incluses dans ce paquetage.

De même, si vous sélectionnez une des classes de ce second panneau, disons, *Model* (voir la figure 6.2), le troisième panneau vous affichera tous

2. Rappelez-vous que si votre navigateur ne ressemble pas à celui présenté sur la figure ??, vous pourriez avoir besoin de changer le navigateur par défaut (voir la FAQ ??, p. ??).

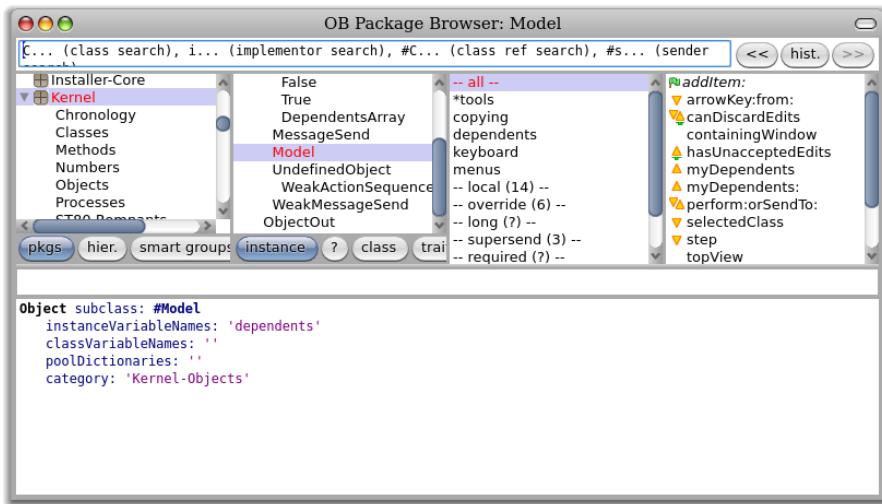


FIGURE 6.2 – Le Browser avec la classe Model sélectionnée.

les *protocoles* définis pour cette classe ainsi qu'un protocole virtuel `--all--` (désignant l'ensemble des catégories). Ce dernier est sélectionné par défaut. Les protocoles sont une façon de catégoriser les méthodes ; ils rendent la recherche des méthodes plus facile et détaillent le comportement d'une classe en le découplant en petites divisions cohérentes. Le quatrième panneau montre les noms de toutes les méthodes définies dans le protocole sélectionné. Si vous sélectionnez enfin un nom de méthode, le code source de la méthode correspondante apparaît dans le grand panneau inférieur du navigateur. Là, vous pouvez voir, éditer et sauvegarder la version éditée. Si vous sélectionnez la classe `Model`, le protocole `dependents` et la méthode `myDependents`, le navigateur devrait ressembler à la figure 6.3.

Contrairement aux répertoires du *Finder* de Mac OS X, les quatre panneaux supérieurs ne sont aucunement égaux. Là où les classes et les méthodes font partie du langage Smalltalk, **les paquetages** et les protocoles de message ne sont que des commodités introduites par le navigateur pour limiter la quantité d'information que chaque panneau pourrait présenter. Par exemple, s'il n'y avait pas de protocoles, le navigateur devrait afficher la liste de toutes les méthodes dans la classe choisie ; pour la plupart des classes, cette liste sera trop importante pour être parcourue aisément.

De ce fait, la façon dont vous créez un nouveau paquetage ou un nouveau protocole est différent de la manière avec laquelle vous créez une nouvelle classe ou une nouvelle méthode. Pour créer un nouveau paquetage, sélectionnez `new package` dans le menu contextuel accessible en cliquant avec le bouton d'action dans le panneau des paquetages ; pour créer un nouveau

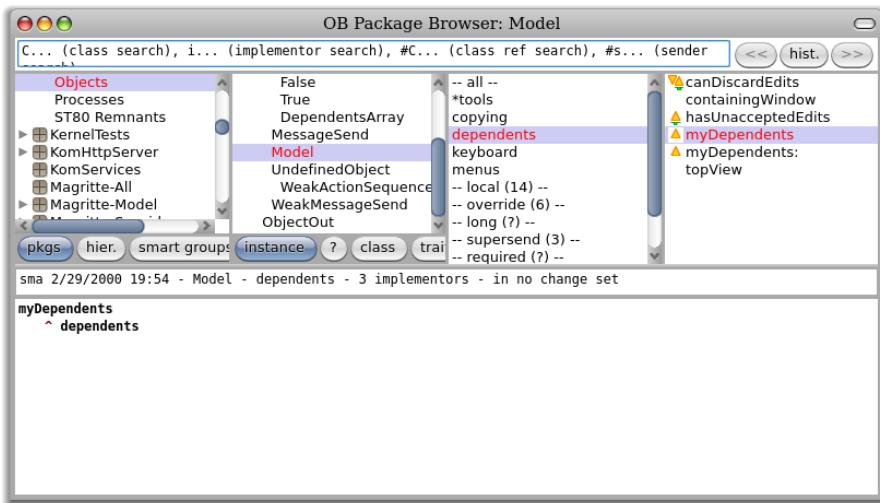


FIGURE 6.3 – Le Browser affichant la méthode myDependents de la classe Model.

protocole, sélectionnez `new protocol` via le menu accessible en cliquant avec le bouton d'action dans le panneau des protocoles. Entrez le nom de la nouvelle entité (paquetage ou protocole) dans la zone de saisie, et voilà ! Un paquetage ou un protocole, ça n'est qu'un nom et son contenu.

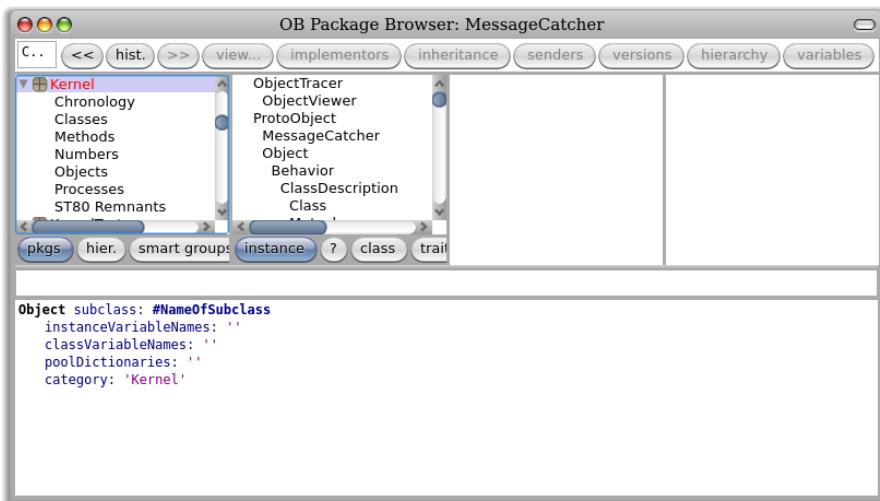


FIGURE 6.4 – Le Browser montrant le patron de création de classe.

À l'opposé, créer une classe ou une méthode nouvelle nécessite l'écriture

de code Smalltalk. Si vous cliquez sur le paquetage actuellement sélectionné dans le panneau de gauche, le panneau inférieur affichera un patron de création de classe (voir la figure 6.4). Vous créez une nouvelle classe en éditant ce patron ou *template*. Pour ce faire, remplacez Object par le nom de la classe existante que vous voulez dériver, puis remplacez NameOfClass par le nom que vous avez choisi pour votre nouvelle classe (sous-classe de la première) et enfin, remplissez la liste des noms de variables d'instance si vous en connaissez. La catégorie pour la nouvelle classe est par défaut la catégorie du paquetage actuellement sélectionné³, mais vous pouvez à loisir la changer si vous voulez. Si vous avez déjà la classe à dériver sélectionnée dans le Browser, vous pouvez obtenir le même patron avec une initialisation quelque peu différente en cliquant avec le bouton d'action dans le panneau des classes et en sélectionnant class templates ... > subclass template. Vous pouvez aussi éditer simplement la définition de la classe existante en changeant le nom de la classe en quelque chose d'autre. Dans tous les cas, à chaque fois que vous acceptez la nouvelle définition, la nouvelle classe (celle dont le nom est précédé par #) est créée (ainsi que sa métaclass associée). Créer une classe crée aussi une variable globale référençant la classe. En fait, l'existence de celle-ci vous permet de vous référer à toutes les classes existantes en utilisant leur nom. définir une classe

Voyez-vous pourquoi le nom d'une nouvelle classe doit apparaître comme un Symbol (*c-à-d.* préfixé avec #) dans le patron de création de classe, mais qu'après la création de classe, le code peut s'y référer en utilisant son nom comme identifiant (*c-à-d.* sans le #) ?

Le processus de création d'une nouvelle méthode est similaire. Premièrement sélectionnez la classe dans laquelle vous voulez que la méthode apparaisse, puis sélectionnez un protocole. Le navigateur affichera un patron de création de méthode que vous pouvez remplir et éditer, comme montré par la figure 6.5. définir une méthode

Naviguer dans l'espace de code

Le navigateur de classes fournit plusieurs outils pour l'exploration et l'analyse de code. Ces outils peuvent être accédés en cliquant avec le bouton d'action dans divers menus contextuels ou, pour les outils les plus communs, via des raccourcis-clavier.

Ouvrir une nouvelle fenêtre de Browser

Vous aurez besoin parfois d'ouvrir de multiples navigateurs de classes. Lorsque vous écrivez du code, vous aurez presque toujours besoin d'au

3. Rappelez-vous que paquetages et catégories ne sont pas exactement la même chose. Nous verrons la relation qui existe entre eux dans la section ??.

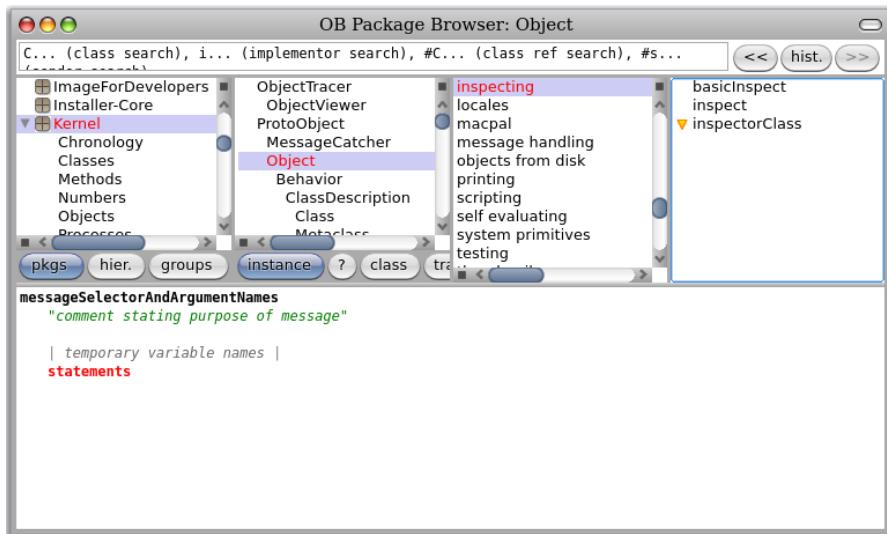


FIGURE 6.5 – Le Browser montrant le patron de création de méthode.

moins deux fenêtres : une pour la méthode que vous éditez et une pour naviguer dans le reste du système pour y voir ce dont vous aurez besoin pour la méthode éditée dans la première. Vous pouvez ouvrir un Browser sur une classe en sélectionnant son nom et en utilisant le raccourci-clavier CMD-b raccourci-clavier.

 *Essayez ceci : dans un espace de travail ou Workspace, saisissez le nom d'une classe (par exemple, Morph), sélectionnez-le et pressez CMD-b. Cette astuce est souvent utile ; elle marche depuis n'importe quelle fenêtre de texte.*

Senders et implementors d'un message

Cliquer avec le bouton d'action sur `browse ... > senders (n)` dans le panneau des méthodes vous renvoie une liste de toutes les méthodes pouvant utiliser la méthode sélectionnée. En prenant le Browser ouvert sur Morph, cliquez sur la méthode `drawOn:` dans le panneau des méthodes ; le corps de `drawOn:` s'affiche dans la partie inférieure du navigateur. Si vous sélectionnez `senders (n)` (la figure 6.6), un menu apparaîtra avec `drawOn:` comme premier élément de la pile, suivi de tous les messages que `drawOn:` envoie (voir la figure ??). Sélectionner un message dans ce menu ouvrira un navigateur avec la liste de toutes les méthodes dans l'image qui envoie le message choisi (la figure 6.8).

Le "n" dans `senders (n)` vous informe que le raccourci-clavier pour trouver les *senders* (c-à-d. les méthodes émettrices) d'un message est CMD-n. Cette commande fonctionne depuis *n'importe quelle fenêtre de texte*.

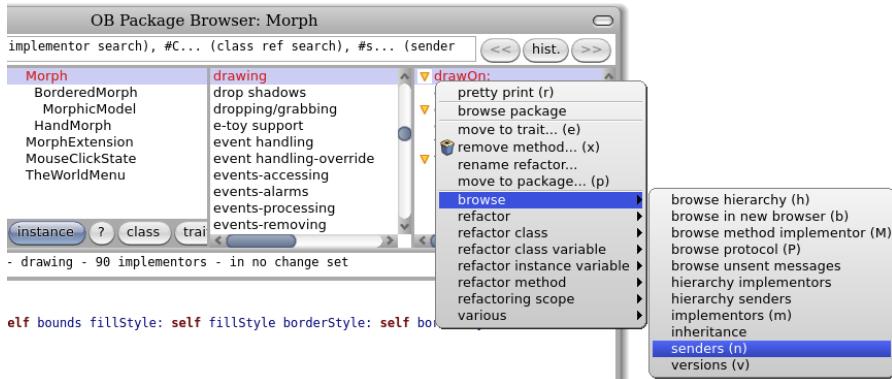


FIGURE 6.6 – L'élément de menu senders (n).

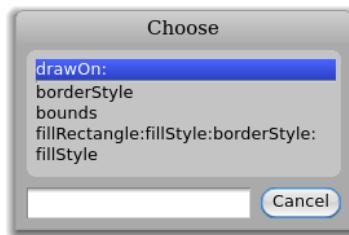


FIGURE 6.7 – Choisir un message dans la liste pour avoir ses senders.

Sélectionnez le texte "drawOn :" dans le panneau de code et pressez CMD-n pour faire apparaître immédiatement les senders de drawOn:

Si vous regardez bien les senders de drawOn: dans AtomMorph»drawOn:, vous verrez qu'il s'agit d'un envoi à super. Nous savons ainsi que la méthode qui sera exécutée est dans la superclasse de AtomMorph. Quelle est cette classe? Cliquez avec le bouton d'action sur browse > hierarchy implementors et vous verrez qu'il s'agit de EllipseMorph.

Maintenant observons le sixième sender de la liste, Canvas»draw, comme le montre la figure 6.8. Vous pouvez voir que cette méthode envoie drawOn: à n'importe quel objet passé en argument; ce peut être une instance de n'importe quelle classe. L'analyse du flux de données peut nous aider à mettre la main sur la classe du receveur de certains messages, mais de manière générale, il n'a pas de moyen simple pour que le navigateur sache quelle méthode sera exécutée à l'envoi d'un message.

C'est pourquoi, le navigateur de "senders" (c-à-d. le Browser des méthodes émettrices) nous montre exactement ce que son nom suggère : tous les envois d'un message ayant pour nom le sélecteur choisi. Ce navigateur devient

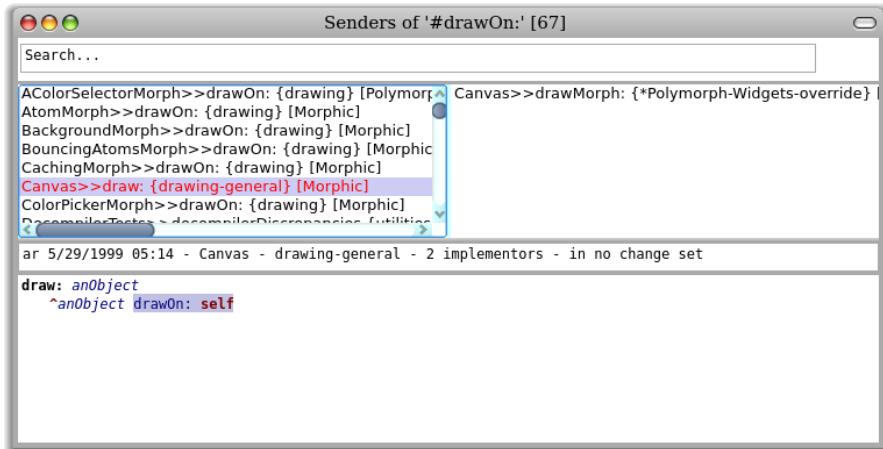


FIGURE 6.8 – Le navigateur Senders Browser montrant que la méthode Canvas »>draw envoie le message drawOn: à son argument.

grandement indispensable quand vous avez besoin de comprendre le *rôle* d'une méthode : il vous permet de naviguer rapidement à travers les exemples d'usage. Puisque toutes les méthodes avec un même sélecteur devraient être utilisées de la même manière, toutes les utilisations d'un message donné devraient être semblables.

L'Implementors Browser fonctionnent de même mais, au lieu de lister les *senders* d'un message, il affiche toutes les classes contenantes ou *implementors*, c-à-d. les classes qui implémentent une méthode avec le même selecteur que celui sélectionné. Sélectionnez, par exemple, drawOn: dans le panneau des méthodes et sélectionnez `browse > implementors (m)` (ou sélectionnez le texte "drawOn:" dans la zone inférieure du code et pressez CMD-m). Vous devriez voir une fenêtre listant des méthodes montrant ainsi la liste déroulante des 63 classes qui implémentent une méthode drawOn:. Ceci ne devrait pas être si suprenant qu'il y ait tant de classes implémentant cette méthode : drawOn: est le message qui est compris par chaque objet capable de se représenter graphiquement à l'écran.

Les versions d'une méthode

Quand vous sauvegardez une nouvelle version d'une méthode, l'ancienne version n'est pas perdue. Pharo garde toutes les versions passées et vous permet de comparer les différentes versions entre elles et de revenir (en anglais, "revert") à une ancienne version.

L'élément de menu `browse > versions (v)` donne accès aux modifications

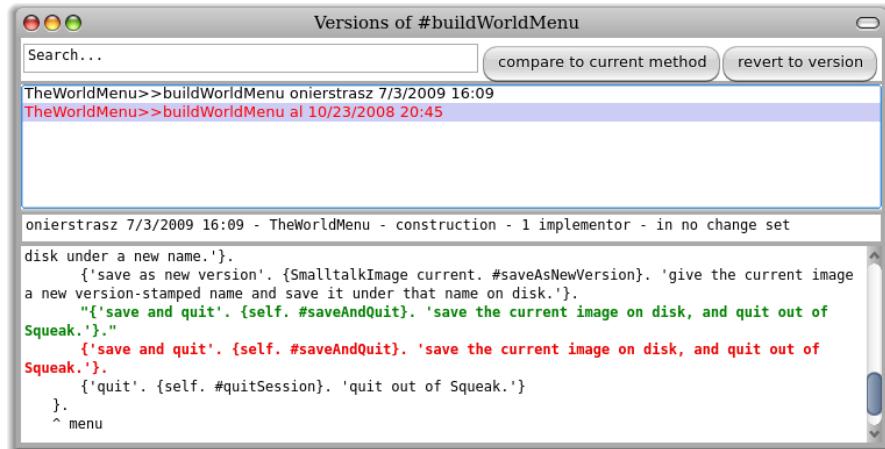


FIGURE 6.9 – Le Versions Browser montre deux versions de la méthode `TheWorldMenu>>buildWorldMenu`:

successives effectuées sur la méthode sélectionnée. Dans la figure 6.9 nous pouvons voir deux versions de la méthode `buildWorldMenu`:

Le panneau supérieur affiche une ligne pour chaque version de la méthode incluant les initiales du programmeur qui l'a écrite, la date et l'heure de sauvegarde, les noms de la classe et de la méthode et le protocole dans lequel elle est définie. La version courante (active) est au sommet de la liste ; quelque soit la version sélectionnée affichée dans le panneau inférieur. Les boutons offrent aussi l'affichage des différences entre la méthode sélectionnée et la version courante et la possibilité de revenir à la version choisie.

Le Versions Browser existe pour que vous ne vous inquiétez jamais de la préservation de code que vous pensiez ne plus avoir besoin : effacez-le simplement. Si vous vous rendez compte que vous en avez *vraiment* besoin, vous pouvez toujours revenir à l'ancienne version ou copier le morceau de code utile de la version antérieure pour le coller dans une autre méthode.

Ayez pour habitude d'utiliser les versions ; “commenter” le code qui n'est plus utile n'est pas une bonne pratique car ça rend le code courant plus difficile à lire. Les Smalltalkiens⁴ accordent une extrême importance à la lisibilité du code.

ASTUCE Qu'en est-il du cas où vous décidez de revenir à une méthode que vous avez entièrement effacée ? Vous pouvez trouver l'effacement dans un change set dans lequel vous pouvez demander à visiter les versions en *cliquant avec le bouton d'action*. Le navigateur de change set est décrit dans la section 6.8

4. En anglais, nous les appelons *Smalltalkers*.

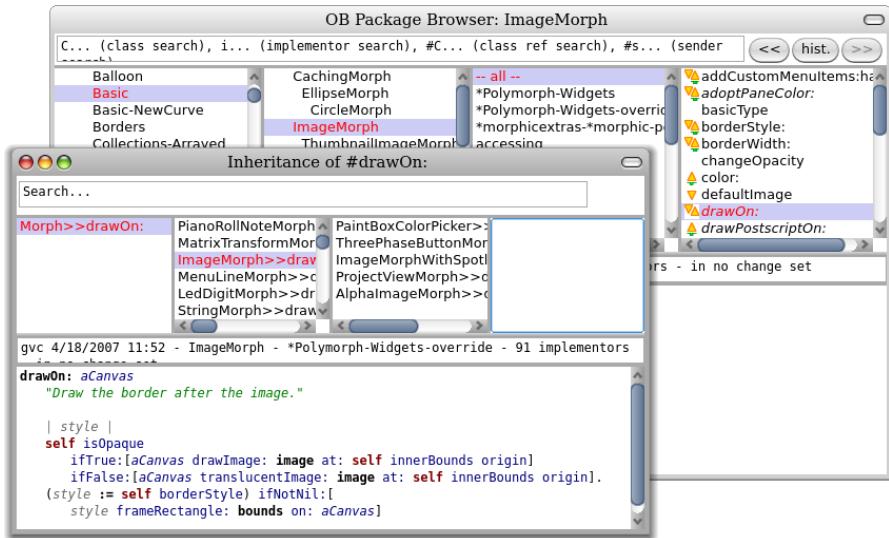


FIGURE 6.10 – ImageMorph»drawOn: et les méthodes qu'il surcharge. Les méthodes apparentées ou *siblings* des méthodes sélectionnées sont visibles dans les listes déroulantes .

Les surcharges de méthodes

Le Inheritance Browser est un navigateur spécialisé affichant toutes les méthodes surchargées par la méthode affichée. Pour le voir à l'action, sélectionnez la méthode ImageMorph»drawOn: dans le Browser. Remarquez les icônes triangulaires juxtant le nom des méthodes (voir la figure 6.11). Le triangle pointant vers le haut vous indique que ImageMorph»drawOn: surcharge une méthode héritée (*c-à-d.* Morph»drawOn:) et triangle pointant vers le bas vous indique que cette méthode est surchargée dans ses sous-classes (vous pouvez aussi cliquer sur les icônes pour naviguer vers ces méthodes). Sélectionnez maintenant **browse ▷ inheritance**. L'Inheritance Browser vous montre la hiérarchie de méthodes surchargées (voir la figure 6.11).

La vue hiérarchique

Par défaut, le navigateur présente une liste de paquetages dans son panneau supérieur gauche. Cependant, il est possible de changer le contenu de ce panneau pour avoir une vue hiérarchique des classes. Pour cela, sélectionner tout simplement une classe de votre choix, disons ImageMorph et cliquer sur le bouton **hier.** Vous verrez alors dans le panneau le plus à gauche une hiérarchie de classes affichant toutes les super-classes et sous-classes de la

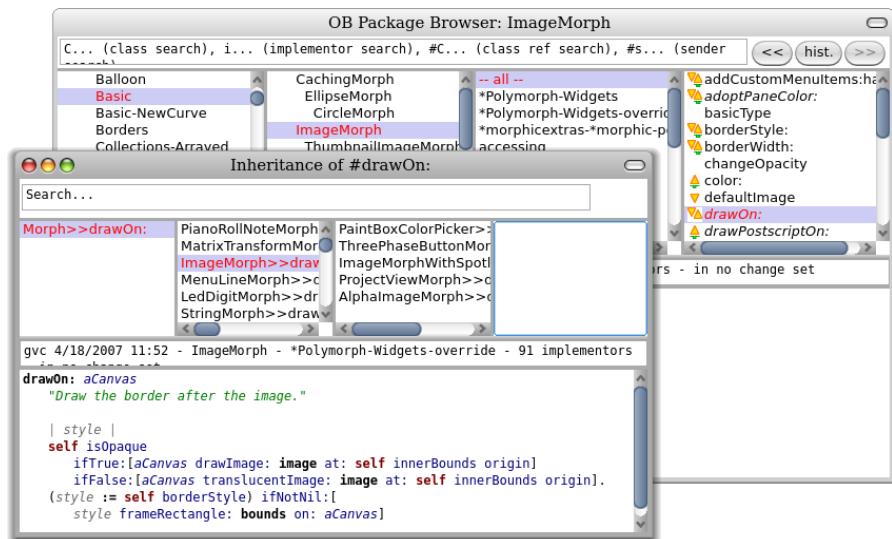


FIGURE 6.11 – ScaleMorph»defaultColor et les méthodes qu'il surcharge, comme nous pouvons le voir avec le nouveau Inheritance Browser basé sur Omni-Browser. Les méthodes apparentées des méthodes sélectionnées sont montrées dans des listes.

classe sélectionnée. Le second panneau liste les paquetages implémentant les méthodes de la classe sélectionnée. Sur la figure ??, la vue hiérarchique dans le navigateur montre que ImageMorph est la super-classe directe de Morph.

+

Trouver les références aux variables

En cliquant avec le bouton d'action sur une classe dans le panneau de classes du navigateur, puis en sélectionnant **browse > chase variables**⁵, vous pouvez trouver où une certaine variable — d'instance ou de classe — est utilisée. Vous naviguez au travers des méthodes d'accès de toutes les variables d'instance ou de classe via ce *navigateur de poursuite* et, en retour, visitez les méthodes qui envoyent ces accesseurs, et ainsi de suite (voir *chasingBrowser*).

Trouver les références aux variables

À CORRIGER! MARTIAL: LE RESTE DU TEXTE EST ENCORE DU SBE

5. *Chase* signifie “poursuivre” en anglais.

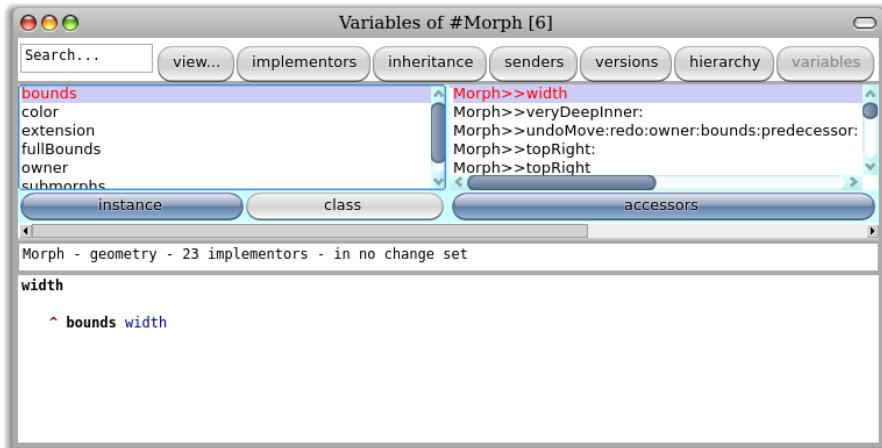


FIGURE 6.12 – Un navigateur de poursuite ouvert sur Morph.

Les boutons `inst vars` et `class vars` vous aident à savoir dans quelles méthodes sont utilisées respectivement les variables d’instance et les variables de classe ; cette information est aussi disponible depuis `inst var refs` et `class var refs` du menu contextuel accessible via le bouton jaune de la souris dans le panneau de la classe. Le menu permet aussi d’afficher le jeu des références aux variables d’instance qui affecte la variable choisie par `inst var defs`. Une fois que vous avez cliqué sur le bouton ou que vous avez choisi une des propositions de menu, un menu flottant s’affichera, vous invitant ainsi à sélectionner une variable parmi toutes les variables définies et héritées dans la classe courante. La liste suit l’ordre d’héritage ; il peut d’ailleurs être utile d’afficher cette liste à chaque fois vous avez besoin de vous remémorer le nom d’une variable d’instance. Si vous cliquer en dehors de la liste, cette dernière disparaîtra sans avoir affiché le navigateur de variable.

Signalons que nous pouvons accéder à `class vars`, grâce au menu de panneau de classes accessible par le bouton jaune de la souris, ouvrant donc un inspecteur affichant les variables de classe de la classe actuelle ainsi que *leurs valeurs* ; ou encore à `class refs (N)` affichant une liste de toutes les méthodes référençant directement cette même classe.

Le panneau source

Le bouton `source` affiche un menu que nous pourrions appeler “ce qui est à voir” ; il nous permet de choisir ce que le navigateur affiche dans le panneau inférieur ou panneau source. Parmi les propositions, nous avons l’affichage du code `source`, du code source en mode `prettyPrint` (affichage élégant), du

code compilé ou `byteCodes` ou encore du code source décompilé depuis les *bytes codes* via `decompile`. Le label du bouton change pour afficher le mode choisi. Il y a d'autres options ; si vous promenez la souris sur ces options, vous verrez apparaître un ballon d'aide (ou *help balloon*). Essayez-en quelques-uns.

Remarquez que le choix de `prettyPrint` dans ce menu n'est *absolument pas* le même que le travail en mode *pretty-print* d'une méthode avant sa sauvegarde. Le menu contrôle seulement l'affichage du navigateur et n'a aucun effet sur le code enregistré dans le système. Vous pouvez le vérifier en ouvrant deux navigateurs et en sélectionnant `prettyPrint` pour l'un et `source` pour l'autre. Pointer les deux navigateurs sur la même méthode et en choisissant `byteCodes` dans l'un et `decompile` dans l'autre est vraiment une bonne manière d'en apprendre plus sur le jeu d'instructions codées (dit aussi *byte-codées*) de la machine virtuelle Pharo.

La refactorisation

Avez-vous noté la petit bouton `R` au bout de la barre de boutons ?⁶ Ce bouton très discret donne accès à une des techniques les plus importantes et les plus puissantes de l'environnement de Smalltalk. En cliquant sur `R`, vous obtenez une hiérarchie de menus pour refactoriser (*c-à-d.* réusiner⁷) votre code. Il existe d'autres façons d'obtenir l'outil de refactorisation. Par exemple, via le menu accessible par le bouton jaune dans les panneaux de classes, de méthodes et de code. À l'origine, cette fonction était disponible uniquement par un navigateur spécifique nommé Refactoring Browser, mais elle peut désormais être accessible depuis n'importe quel navigateur.

Les menus du navigateur

De nombreuses fonctions complémentaires sont disponibles dans les menus du System Browser accessibles par le bouton jaune. Ces menus sont contextuels, autrement dit, chaque panneau a son propre menu. Même si les éléments du menu ont le même nom, leur *signification* dépend du contexte. Par exemple, le panneau de catégories, le panneau de classes, le panneau de protocoles et enfin, celui des messages ont tous `file out` dans leurs menus respectifs. Cependant, chaque `file out` fait une chose différente : dans le panneau des catégories, il enregistre entièrement dans un fichier la catégorie sélectionnée ; dans le celui des classes, des protocoles ou des messages, il exporte respectivement la classe entière, le protocole entier ou la méthode

6. Ceci dit, vous n'observerez pas ce bouton sans que les paquetages AST et Refactoring-Browser ne soit installé. Ces paquetages sont accessibles sur SqueakSource ou dans une image *Squeak-dev*.

7. Refactoring en anglais.

affichée. Bien qu'apparemment évident, ce peut être une source de confusion pour les débutants.

L'option probablement la plus utile du menu est `find class... (f)` dans le panneau de catégories. Elle permet de trouver une classe. Bien que les catégories soient utiles pour arranger le code que nous sommes en train de développer, la plupart d'entre nous ne connaissent pas la catégorisation de tout le système, et c'est beaucoup plus rapide en tapant `CMD-f` suivi par les premiers caractères du nom d'une classe que de deviner dans quelle catégorie elle peut bien être. `recent classes... (r)` vous aide aussi à retrouver rapidement une classe parmi celles que vous avez visitées récemment, même si vous avez oublié son nom.

Dans le panneau de classes, le menu propose `find method` (pour "trouver une méthode") et `find method wildcard...` qui s'avèrent utiles si vous souhaitez naviguer dans une méthode particulière. Cependant, à moins que la liste des méthodes soient très longues, il est souvent plus efficace de naviguer dans le protocole `--all--` (qui d'ailleurs est le choix par défaut), placer la souris dans le panneau des méthodes et taper la première lettre du nom de la méthode que vous cherchez. Ceci va faire glisser l'ascenseur du panneau jusqu'à ce que la méthode souhaitée soit visible.

❶ *Essayez les deux techniques de navigation pour `OrderedCollection»removeAt`:*

Il y a beaucoup d'autres options dans les menus. Passer quelques minutes à tester les possibilités du navigateur est véritablement payant.

❷ *Comparez le résultat de `Browse Protocol`, `Browse Hierarchy`, et `Show Hierarchy` dans le menu contextuel du panneau de classes.*

Les autres navigateurs de classes

Au début de cette section nous avons mentionné un autre navigateur : le *Package Pane Browser*. Il peut être ouvert via le menu World : `World > open... > package pane browser`. Il se présente comme le navigateur de classes sauf qu'il connaît les conventions de nommage des catégories-système. Vous aurez noté que les noms des catégories sont décomposés en deux parties. Par exemple, la classe `ScaleMorph` appartient à la catégorie `Morphic-Widgets`. Le Package Browser suppose que la partie précédant le trait d'union (soit `Morphic`) est le nom du "paquetage" ou "package". Il ajoute une cinquième colonne permettant de naviguer dans les catégories de chaque paquetage particulier. Cependant, si vous ne choisissez aucun paquetage, toutes les catégories seront disponibles (avec leur nom entier) comme avec un navigateur ordinaire à quatre panneaux.

Malheureusement, le sens donné au terme paquetage a changé depuis le développement du Package Pane Browser. "Package" a aujourd'hui une défini-

nition plus précise en accord avec l'outil de gestion de paquetages *Monticello*. Nous aborderons cet outil dans la prochaine section. Il n'y a pour l'instant aucun outil pour naviguer dans les paquetages tels qu'ils sont arrangés dans *Monticello*, cependant une telle application est en cours de développement.

La communauté Pharo est en train de développer toute une famille de nouveaux navigateurs reposant sur une nouvelle librairie très adaptable nommée *OmniBrowser*. L'implémentation de *OmniBrowser* vaut d'être étudiée au moins comme un bon exemple de *conception orientée objet*. Du reste, la plupart des outils basés sur *OmniBrowser* ressemblent beaucoup à ceux que nous avons décrits. L'amélioration principale que vous remarquerez dans l'*Omni System Browser* est l'ajout de *protocoles virtuels* ou *virtual protocols*. Aux protocoles traditionnellement définis par le programmeur s'ajoutent un certain nombre de protocoles virtuels définis pour chaque classe par des systèmes de règles. Par exemple, le protocole `--supersend--` inclus toutes les méthodes qui envoient `super`, alors que le protocole `--required--` liste tous les messages qui sont émis par les méthodes dans la classe courante ou ses super-classes mais qui n'y sont pas définies.

Naviguer par programme

La classe `SystemNavigation` offre de nombreuses méthodes utiles pour naviguer dans le système. Beaucoup de fonctionnalités offertes par le navigateur classique sont programmées par `SystemNavigation`.

 *Ouvrez un espace de travail Workspace et exécutez le code suivant pour naviguer dans la liste des senders du message `checkExtent:` en utilisant `do it` :*

```
SystemNavigation default browseAllCallsOn: #checkExtent: .
```

Pour restreindre le champ de la recherche à une classe spécifique :

```
SystemNavigation default browseAllCallsOn: #drawOn: from: ScaleMorph .
```

Les outils de développement sont complètement accessibles depuis un programme car *ceux-ci sont aussi des objets*. Vous pouvez dès lors développer vos propres outils ou adapter ceux qui existent déjà selon vos besoins.

L'équivalent programmatique du bouton `implementors` est :

```
SystemNavigation default browseAllImplementorsOf: #checkExtent: .
```

Pour en apprendre plus sur ce qui est disponible, explorez la classe `SystemNavigation` avec le navigateur.

Des exemples supplémentaires peuvent être trouvés dans le chapitre A.

Résumé

Comme vous avez pu le voir, il y a plusieurs façons de naviguer dans le code Smalltalk. Vous pouvez être quelque peu désorienté de prime abord, mais vous retomberez toujours sur vos pieds en revenant sur le traditionnel System Browser. De toute façon, nous constatons habituellement qu'une fois que les débutants ont acquis plus d'expérience avec Pharo, la disponibilité de plusieurs navigateurs différents devient une des plus importantes fonctionnalités proposées, car elle offre beaucoup de manières d'appréhender la compréhension et l'organisation de votre code. Comprendre le code est l'une des plus grandes difficultés du développement logiciel à grande échelle.

6.3 Monticello

Nous vous avons donné un aperçu de Monticello, l'outil de gestion de paquetages de Pharo dans la section 2.9. Cependant Monticello a beaucoup plus de fonctions que celles dont nous allons discuter ici. Comme Monticello gère des *paquetages* dits *Packages*, nous allons expliquer ce qu'est un paquetage avant d'aborder Monticello proprement dit.

Les paquetages : une catégorisation déclarative du code de Pharo

Le système du paquetage (ou packaging) est une façon simple et légère d'organiser le code source de Smalltalk. Il est influencé par la convention de nommage employée depuis longtemps et dont nous avons parlé plus haut (dans la section 6.2) ; ce système enrichit cette convention de manière conséquente.

Prenons l'exemple suivant en guise d'explication. Supposons que nous sommes en train de développer une librairie pour nous faciliter l'utilisation d'une base de données relationnelles depuis Squeak. Vous avez décidé d'appeler votre librairie ou *framework* SqueakLink et avez créé une série de catégories-systèmes contenant toutes les classes que vous avez écrites, *par ex.*,

La catégorie 'SqueakLink-Connections' contient OracleConnection MySQLConnection PostgresConnection

La catégorie 'SqueakLink-Model' contient DBTable DBRow DBQuery

et ainsi de suite. Cependant, tout le code ne résidera pas dans ces classes. Par exemple, vous pouvez aussi avoir une série de méthodes pour convertir des objets dans un format sympathique pour notre format SQL⁸ :

8. Nous dirions que ce format est SQL-friendly.

```
Object»asSQL
String»asSQL
Date»asSQL
```

Ces méthodes appartiennent au même paquetage que les classes dans les catégories *SqueakLink-Connections* et *SqueakLink-Model*. Mais la classe *Object* n'appartient clairement pas à notre paquetage ! Ainsi vous avez besoin de trouver un moyen pour associer certaines *méthodes* à un paquetage même si le reste de la classe est dans un autre.

Pour ce faire, nous plaçons ces méthodes (de *Object*, *String*, *Date* etc) dans un protocole nommé **squeaklink* (remarquez l'astérisque en début de nom et l'utilisation des minuscules). L'association des catégories en *SqueakLink...* et des protocoles **squeaklink* forme un paquetage nommé *SqueakLink*. Précisement, les règles de formation d'un paquetage s'énoncent comme suit.

Un paquetage appelé *Foo* contient :

1. toutes les définitions de classe des classes présentes dans la catégorie *Foo* ou toutes catégories avec un nom commençant par *Foo-* ;
2. toutes les définitions de méthodes dans n'importe quelle classe dont le protocole se nomme **foo* ou n'importe quel nom commençant par **foo-* (durant la comparaison de ces noms, la casse des lettres est parfaitement ignorée) et ;
3. toutes les méthodes dans les classes présentes dans *Foo* ou toutes catégories avec un nom commençant par *Foo-*, *exception* faite des méthodes dont le nom des protocoles débute par ***.

Une conséquence de ces règles est que chaque définition de classe et chaque méthode appartiennent exactement à un paquetage. L'*exception* de la dernière règle est justifiée parce que ces méthodes doivent appartenir à d'autres paquetages. La raison pour laquelle la casse⁹ est ignorée dans la règle 2 est que, conventionnellement les noms de protocoles sont tous en minuscules (et peuvent inclure des espaces) ; alors que les noms de catégories utilisent un format d'écriture en forme chameau comme par exemple *AlanKay*, *LargePositiveInteger* ou *CamelCase* (d'ailleurs *CamelCase* est le nom anglais de ce type de format de noms).

La classe *PackagelInfo* implémente ces règles et vous pouvez mieux les appréhender en expérimentant cette classe.

 *Essayez ceci dans votre image qui devrait contenir PackagelInfo et RefactoringBrowser.*

9. La hauteur minuscule ou majuscule d'une lettre.

Le code du Refactoring Browser code utilise ces conventions de nommage de paquetages avec `RefactoringEngine` comme nom de paquetage. Dans le Workspace, créez un modèle de paquetage avec :

```
refactory := PackageInfo named: 'RefactoringEngine'.
```

Il est possible maintenant de faire une introspection de ce paquetage. Par exemple, `refactory classes` nous retourne la longue liste des classes qui font le Refactoring Engine et le Refactoring Browser. L'expression `refactory coreMethods` nous renvoie une liste de `MethodReferences` ou références de méthodes pour toutes les méthodes de ces classes. La requête `refactory extensionMethods` est peut-être une des plus intéressantes : elle retourne la liste de toutes les méthodes contenues dans le paquetage `RefactoringEngine` qui ne sont pas dans une classe de `RefactoringEngine`. Cette expression inclut, par exemple, `ClassDescription»chooseThisClassInstVarThenDo:` et `SharedPool class»keys`.

Les paquetages sont des ajouts à Pharo relativement récents mais, puisque les conventions de nommage de paquetage sont basées sur celles déjà existantes, il est possible d'utiliser `PackageInfo` pour analyser du code plus ancien qui n'a pas été explicitement adapté pour pouvoir y répondre.

 Évaluez `(PackageInfo named: 'Collections') externalSubclasses`; cette expression répond une liste de toutes les sous-classes de `Collection` qui ne sont pas dans le paquetage `Collections`.

Vous pouvez envoyer `fileOut` à une instance de `PackageInfo` pour obtenir un *change set* du paquetage entier. Pour un versionnage plus sophistiqué des paquetages, nous utilisons Monticello.

Monticello basique

Monticello est nommé ainsi d'après la villégiature de Thomas Jefferson, troisième président des États-Unis d'Amérique et auteur de la statue pour les libertés religieuses (*Religious Freedom*) en Virginie. Le nom signifie "petite montagne" en italien, en ainsi, il est toujours prononcé avec un "c" italien, *c-à-d.* avec le son *tch* comme dans "quetsche" : Monn-ti-tchel-lo.¹⁰

Quand vous ouvrez le navigateur Monticello, vous voyez deux panneaux de listes et une ligne de boutons, comme sur la figure 6.13.

La colonne de gauche liste tous les paquetages qui ont été chargés dans l'image actuelle ; la version courante du paquetage est présentée entre parenthèses à la suite de son nom.

Celle de droite liste tous les dépôts (ou *repository*) de code source que Monticello connaît généralement pour les avoir utilisés pour charger le code.

10. Note du traducteur : c'est aussi une commune de Haute-Corse.

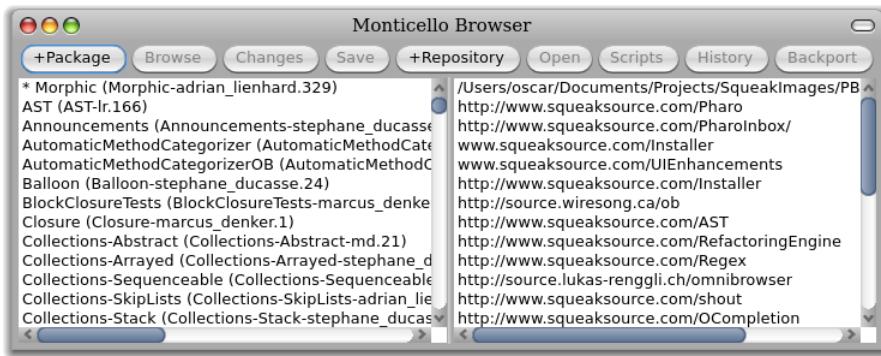


FIGURE 6.13 – Le navigateur Monticello.

Si vous sélectionnez un paquetage dans le panneau de gauche, celui de droite est filtré pour ne montrer que les dépôts qui contiennent des versions du paquetage choisi.

Un des dépôts est un répertoire nommé *package-cache* qui est un sous-répertoire du répertoire courant où vous avez votre image. Quand vous chargez du code depuis un dépôt distant (ou remote repository) ou quand vous écrivez du code, une copie est effectuée aussi dans ce répertoire de cache. Il peut être utile si le réseau n'est pas disponible et que vous avez besoin d'accéder à un paquetage. De plus, si vous avez directement reçu un fichier Monticello (.mcz), par exemple, en pièce jointe dans un courriel, la façon la plus convenable d'y accéder depuis Pharo est de le placer dans le répertoire *package-cache*.

Pour ajouter un nouveau dépôt à la liste, cliquez sur le bouton **+Repository** et choisissez le type de dépôt dans le menu flottant. Disons que nous voulons ajouter un dépôt HTTP.

Ouvrez Monticello, cliquez sur **+Repository** et choisissez **HTTP**. Éditez la zone de texte à lire :

```
MCHttpRepository
location: 'http://squeaksources.com/SqueakByExample'
user: ""
password: ""
```

Ensuite cliquez sur **Open** pour ouvrir un navigateur de dépôt ou Repository Browser. Vous devriez voir quelque chose comme la figure 6.14. Sur la gauche, nous voyons une liste de tous les paquetages présents dans le dépôt; si vous en sélectionnez un, la colonne de droite affichera toutes les versions du paquetage choisi dans ce dépôt.

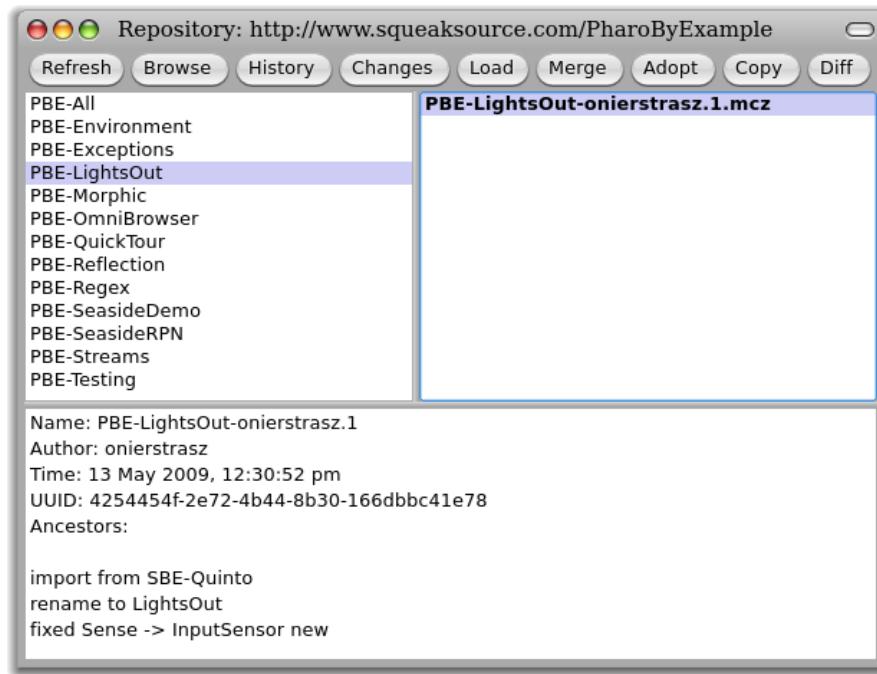


FIGURE 6.14 – Un navigateur de dépôt ou Repository Browser.

Si vous choisissez une des versions, vous pourrez naviguer dans son contenu (sans le charger dans votre image) via le bouton **Browse**, le charger par le bouton **Load** ou encore inspecter les modifications via **Changes** qui seront faites à votre image en chargeant la version sélectionnée. Vous pouvez aussi une copie grâce au bouton **Copy** d'une version d'un paquetage que vous pourriez ensuite écrire dans un autre dépôt.

Comme vous pouvez le voir, les noms des versions contiennent le nom du paquetage, les initiales de l'auteur de la version et un numéro de version. Le nom d'une version est aussi le nom du fichier dans le dépôt. Ne changez jamais ces noms ; le déroulement correct des opérations effectuées dans Monticello dépend d'eux ! Les fichiers de version de Monticello sont simplement des archives compressées et, si vous êtes curieux vous pouvez les décompresser avec un outil de décompression ou *dézippeur*, mais la meilleure façon d'explorer leur contenu consiste à faire appel à Monticello lui-même.

Pour créer un paquetage avec Monticello, vous n'avez que deux choses à faire : écrire du code et le mentionner à Monticello.

 Créez une catégorie appelée PBE-Monticello, et mettez-y une paire de classes,

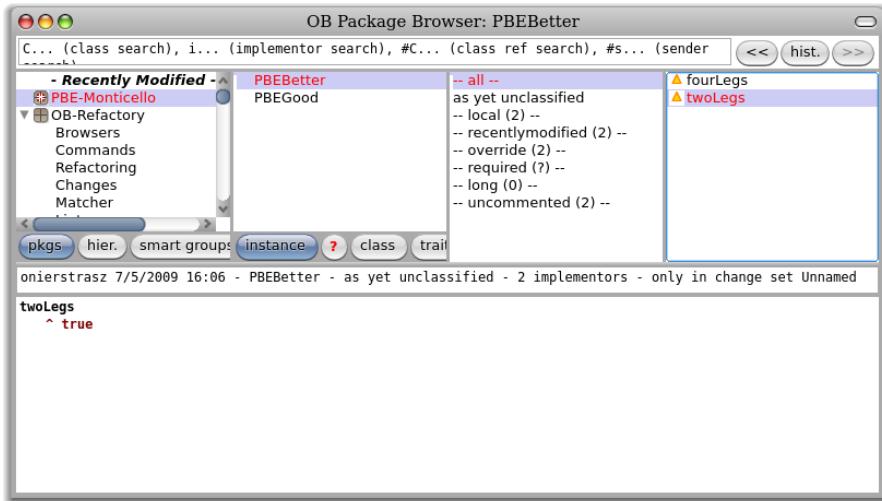


FIGURE 6.15 – Deux classes dans le paquetage (ou package) “PBE”.

comme vu sur la figure 6.15. Créez une méthode dans une classe existante, et mettez-la dans le même paquetage que vos classes en utilisant les règles de la page 130 — voir la figure 6.16.

Pour mentionner à Monticello l’existence de votre paquetage, cliquez sur le bouton **+Package** et tapez le nom du paquetage, dans notre cas “PBE”. Monticello ajoutera PBE à sa liste de paquetages ; l’entrée du paquetage sera marquée avec une astérisque pour montrer que la version présente dans votre image n’a pas été encore écrite dans le dépôt.

Initialement, le seul dépôt associé à ce paquetage sera votre *package cache* comme nous pouvons le voir sur la figure 6.17. C’est parfait : vous pouvez toujours sauvegarder le code en l’écrivant dans ce répertoire local de cache. Maintenant, cliquez sur **Save** et vous serez invité à fournir des informations ou *log message* pour la version de ce paquetage, comme le montre la figure 6.18 ; quand vous acceptez le message entré, Monticello sauvegardera votre paquetage et l’astérisque décorant le nom du paquetage de la colonne de gauche de Monticello disparaîtra avec le changement du numéro de version.

Si vous faites ensuite une modification dans votre paquetage,— disons en ajoutant une méthode à une des classes— l’astérisque réapparaîtra pour signaler que vous avez des changements non-sauvegardés. Si vous ouvrez un Repository Browser sur le package cache, vous pouvez choisir une version sauvegée et utiliser le bouton **Changes** ou d’autres boutons. Vous pouvez aussi bien sûr sauvegarder la nouvelle version dans ce dépôt ; une fois que vous rafraîchissez la vue du dépôt via le bouton **Refresh**, vous devriez voir la

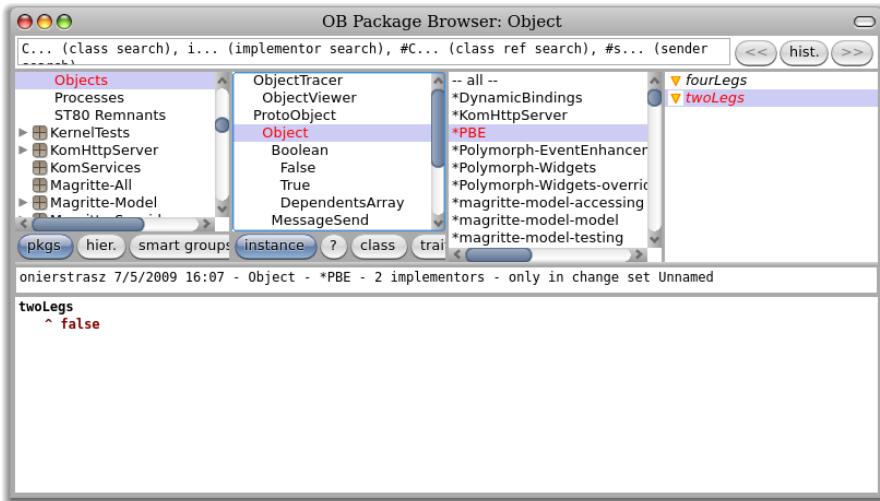


FIGURE 6.16 – Une extension de méthode qui sera aussi incluse dans le paquetage (ou package) “PBE”.

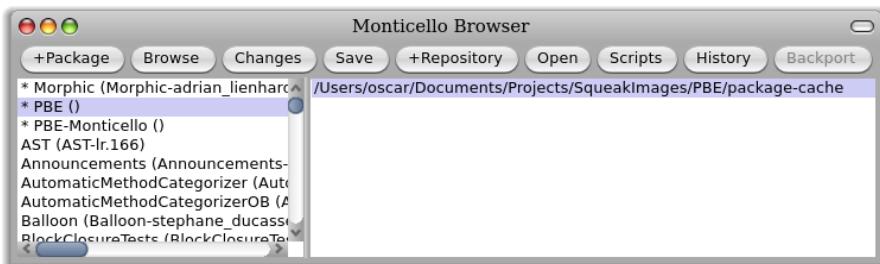


FIGURE 6.17 – Le paquetage PBE pas encore sauvegardé dans Monticello.

même chose que sur la figure 6.19.

Pour sauvegarder notre nouveau paquetage dans un autre dépôt (autre que package cache), vous avez besoin de vous assurer tout d'abord que Monticello connaît ce dépôt en l'ajoutant si nécessaire. Alors vous pouvez utiliser le bouton **Copy** dans le Repository Browser de package-cache et choisir le dépôt vers lequel le paquetage doit être copié. Vous pouvez aussi associer le dépôt désiré avec le paquetage en utilisant **add to package...** dans le menu contextuel du répertoire accessible par le bouton jaune, comme nous pouvons le voir dans la figure 6.20. Une fois que le paquetage est lié à un dépôt, vous pouvez sauvegarder toute nouvelle version en sélectionnant le

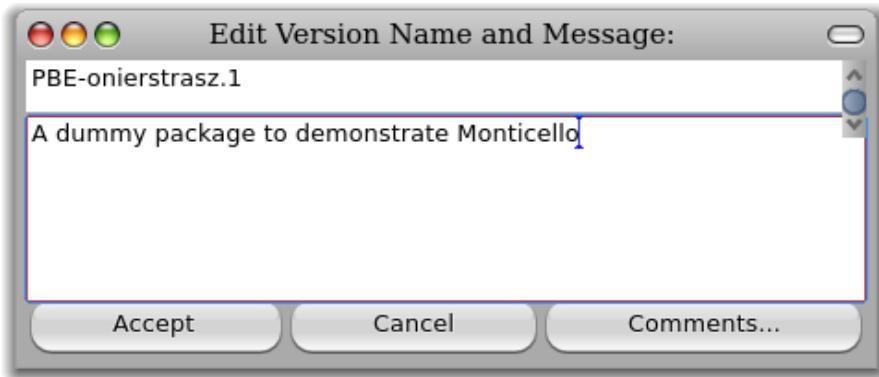


FIGURE 6.18 – Fournir un *log message* pour une version d'un paquetage.

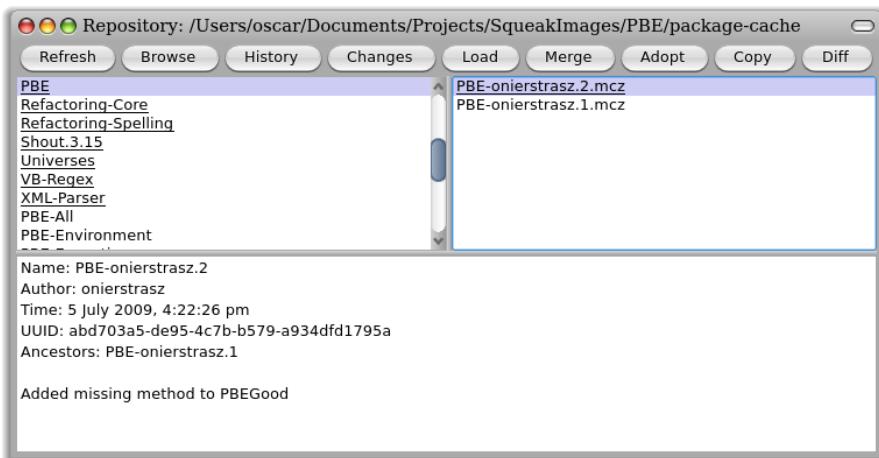


FIGURE 6.19 – Deux versions de notre paquetage sont maintenant le dépôt *package cache*.

dépôt et le paquetage dans le Monticello Browser puis en cliquant sur le bouton **Save**. Bien entendu, vous devez avoir une permission d'écrire dans un dépôt. Le dépôt SqueakByExample sur *SqueakSource* est lisible pour tout le monde mais n'est pas inscriptible ; ainsi, si vous essayez d'y sauvegarder quelque chose, vous aurez un message d'erreur. Cependant, vous pouvez créer votre propre dépôt sur *SqueakSource* en utilisant l'interface web de <http://www.squeaksourc.com> et en l'utilisant pour sauvegarder votre travail. Ceci est particulièrement utile pour partager votre code avec vos amis ou si vous utilisez plusieurs ordinateurs.

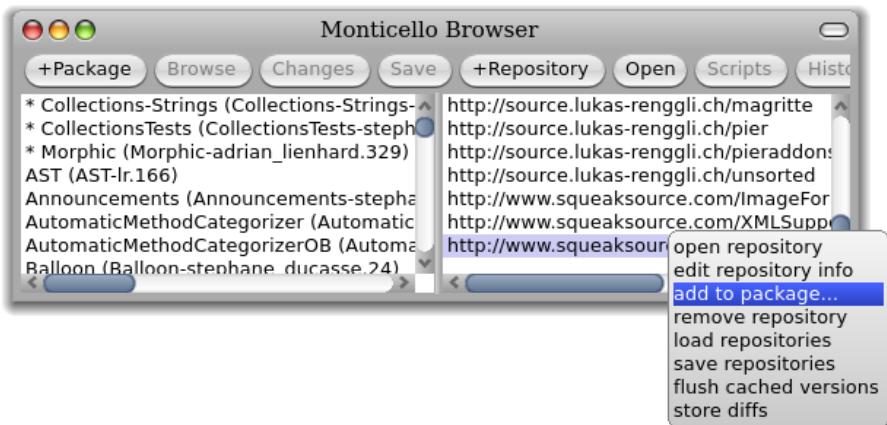


FIGURE 6.20 – Ajouter un dépôt à l'ensemble des dépôts liés au paquetage.

Si vous essayez de sauvegarder dans un répertoire dans lequel vous n'avez pas les droits en écriture, une version sera de toute façon écrite dans le package-cache. Donc vous pourrez corriger en éditant les informations du dépôt (par le menu accessible par le bouton jaune de Monticello Browser) ou en choisissant un dépôt différent puis, en le copiant depuis le navigateur ouvert sur package-cache avec le bouton `Copy`.

6.4 L'inspecteur Inspector et l'explorateur Explorer

Une des caractéristiques de Smalltalk qui le rend différent de nombreux environnements de programmation est qu'il vous offre une fenêtre sur une monde d'objets vivants et non pas sur un monde de codes statiques. Chacun de ces objets peut être examiné par le programmeur et même changé — bien qu'un certain soin doit être apporté lorsqu'il s'agit de modifier des objets bas niveau qui soutiennent le système. De toute façon, expérimentez à votre guise, mais sauvegardez votre image avant !

Inspector

Pour illustrer ce que vous pouvez faire avec l'inspecteur ou Inspector, tapez `TimeStamp now` dans un espace de travail puis choisissez `inspect it` via le menu contextuel accédé par le bouton jaune.

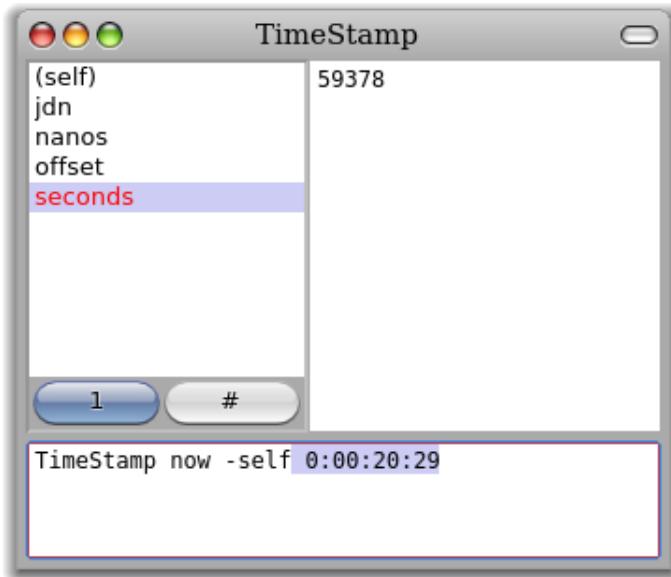


FIGURE 6.21 – Inspecter TimeStamp now.

(Il n'est pas nécessaire de sélectionner le texte avant d'utiliser le menu ; si aucun texte n'est sélectionné, les opérations du menu fonctionnent sur la ligne entière. Vous pouvez aussi entrer CMD-i pour inspect it.) TimeStamp

Une fenêtre comme celle de la figure 6.21 apparaîtra. Cet inspecteur peut être vu comme une fenêtre sur les états internes d'un objet particulier—dans ce cas, l'instance particulière de TimeStamp qui a été créée en évaluant l'expression TimeStamp now. La barre de titre de la fenêtre affiche la *classe* de l'objet en cours d'inspection. Si vous sélectionnez self dans la colonne supérieur de gauche, le panneau de droite affichera la description de l'objet en chaîne de caractères ou *printstring* de l'objet. Si vous sélectionnez all inst vars dans le panneau de gauche, celui de droite vous présentera une liste de toutes les variables d'instance de l'objet accompagnées de leur description *printstring*. Les éléments à suivre dans la liste de cette colonne de gauche représentent les variables d'instance ; une par une, elles peuvent ainsi être facilement examinées et même modifiées dans le panneau de droite.

Le panneau horizontal inférieur de l'Inspector est un petit espace de travail ou Workspace. C'est utile car dans cette fenêtre, la pseudo-variable self est liée à tout objet en cours d'inspection. Ainsi, si vous inspectez via inspect it l'expression :

```
self - TimeStamp today
```

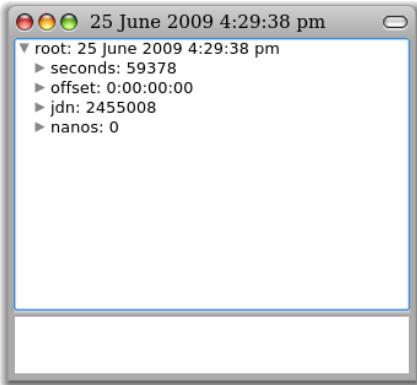


FIGURE 6.22 – ExplorerTimeStamp now.

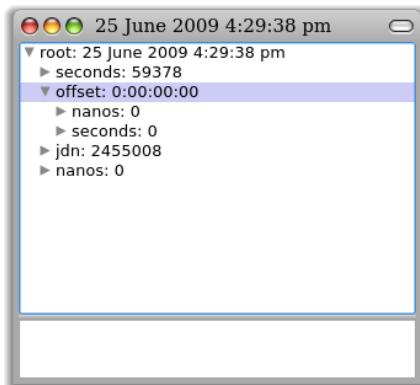


FIGURE 6.23 – Explorer les variables d'instance.

dans ce panneau-espace de travail, le résultat sera un objet Duration qui représente l'intervalle temporel entre la date d'aujourd'hui (en anglais, today, le nom du message envoyé) à minuit et le moment où vous avez évalué TimeStamp now et ainsi créé l'objet TimeStamp que vous inspectez. Vous pouvez aussi essayer d'évaluer TimeStamp now - self ; ce qui vous donnera le temps que vous avez mis à lire la section de ce livre !

En plus de self, toutes les variables d'instance de l'objet sont visibles dans le panneau-espace de travail ; dès lors vous pouvez les utiliser dans des expressions ou même les affecter. Par exemple, si vous évaluez jdn := jdn - 1 dans ce panneau, vous verrez que la valeur de la variable d'instance jdn changera réellement et que la valeur de TimeStamp now - self sera augmentée d'un jour.

Vous pouvez changer les variables d'instance directement en les sélectionnant, puis en remplaçant l'ancienne valeur dans la colonne de droite par une expression Pharo et en acceptant cette dernière. Pharo évaluera l'expression et assignera le résultat à la variable d'instance.

Il y a des variantes spécifiques de l'inspecteur pour les dictionnaires sous-classes de Dictionaries, pour les collections ordonnées sous-classes de OrderedCollections, pour les CompiledMethods (objet des méthodes compilées) et pour quelques autres classes facilitant ainsi l'examen du contenu de ces objets spéciaux.

Object Explorer

L'*Object Explorer* ou explorateur d'objets est sur le plan conceptuel semblable à l'inspecteur mais présente ses informations de manière différente. Pour voir la différence, nous allons *explorer* le même objet que nous venons juste d'inspecter.

 Sélectionnez `self` dans le panneau gauche de notre inspecteur et choisissez `explore (l)` dans le menu contextuel obtenu via le bouton jaune.

La fenêtre Explorer apparaît alors comme sur la figure 6.22. Si vous cliquez sur le petit triangle à gauche de root (racine, en anglais), la vue changera comme dans la figure 6.23 qui nous montre les variables d'instance de l'objet que nous explorons. Cliquez sur le triangle proche d'offset et vous verrez ses variables d'instance. L'explorateur est véritablement un outil puissant lorsque vous avez besoin d'explorer une structure hiérarchique complexe — d'où son nom.

Le panneau Workspace de l'Object Explorer fonctionne de façon légèrement différente de celui de l'Inspector. `self` n'est pas lié à l'objet racine root mais plutôt à l'objet actuellement sélectionné ; les variables d'instance de l'objet sélectionné sont aussi à portée¹¹.

Pour comprendre l'importance de l'explorateur, employons-le pour explorer une structure profonde imbriquant beaucoup d'objets.

 Ouvrez un navigateur et cliquez deux fois avec le bouton bleu de la souris sur la colonne des méthodes de manière à afficher le halo Morphic sur le morph `PluggableListMorph` qui est utilisé pour représenter la liste des messages. Cliquez avec le bouton rouge sur l'icône debug  et sélectionnez dans le menu flottant `explore morph`. Ceci ouvrira un Explorer sur l'objet `PluggableListMorph` qui représente la liste de méthodes du navigateur à l'écran. Ouvrez l'objet root (en cliquant sur son triangle), ouvrez ses sous-morphs submorphs et continuez d'explorer la structure des objets sur lesquels reposent ce morph comme nous pouvons le voir sur la figure 6.24.

6.5 Debugger, le débogueur

Le débogueur Debugger est sans conteste l'outil le plus puissant dans la suite d'outils de Pharo. Il est non seulement employé pour déboguer c'est-à-dire pour corriger les erreurs mais aussi pour écrire du code nouveau. Pour démontrer la richesse du Debugger, commençons par écrire un *bug* !

 Via le navigateur, ajouter la méthode suivante dans la classe String :

11. En anglais, vous entendrez souvent le terme “scope” pour désigner la portée des variables d'instance.

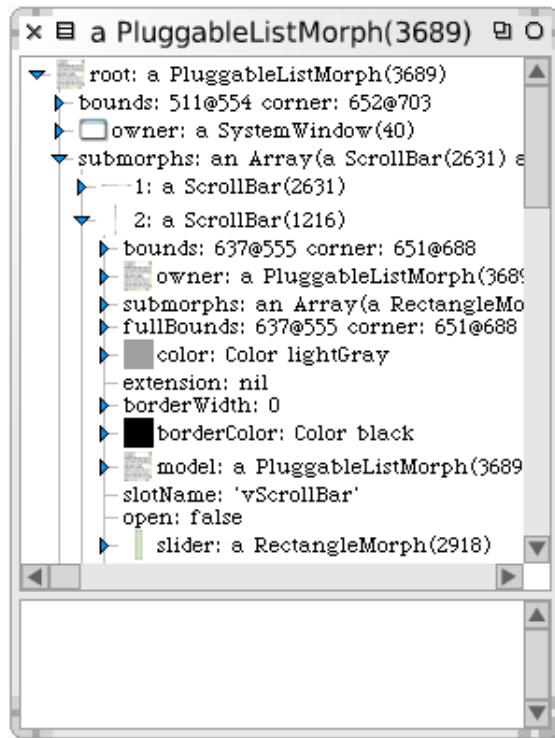


FIGURE 6.24 – Explorer une PluggableListMorph.

Méthode 6.1 – Une méthode boguée

```

suffix
"disons que je suis un nom de fichier et que je fournis mon suffixe, la partie suivant le
dernier point"
| dot dotPosition |
dot := FileDirectory dot.
dotPosition := (self size to: 1 by: -1) detect: [ :i | (self at: i) = dot ].
↑ self copyFrom: dotPosition to: self size

```

Bien sûr, nous sommes certain qu'une méthode si triviale fonctionnera. Ainsi plutôt que d'écrire un test *SUnit* (que nous verrons dans le chapitre 7), nous entrions simplement 'readme.txt' suffix dans un Workspace et nous en imprimions l'exécution via `print it (p)`. Quelle surprise ! Au lieu d'obtenir la réponse attendu 'txt', une notification PreDebugWindow s'ouvre comme sur la figure 6.25.

Le PreDebugWindow nous indique dans sa barre de titre qu'une erreur s'est produite et nous affiche une trace de la pile d'exécution ou *stack trace* des

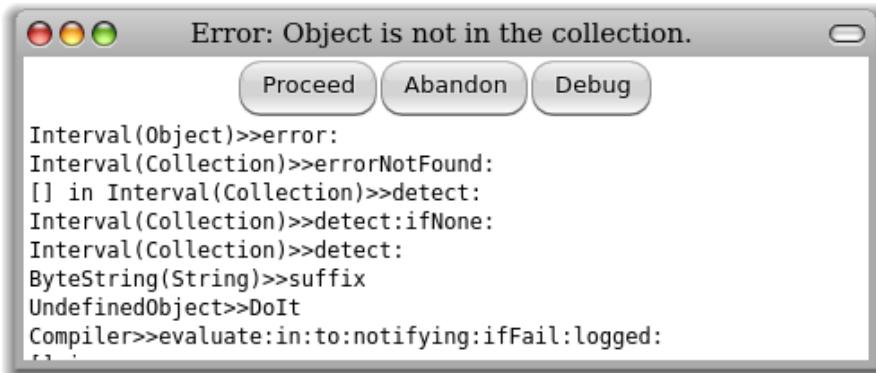


FIGURE 6.25 – Un PreDebugWindow nous alarme de la présence d'un bug.

messages qui ont conduit à l'erreur. En démarrant depuis la base de la trace (en haut de la liste), UndefinedObject»DoIt représente le code qui vient d'être compilé et lancé quand nous avons sélectionné 'readme.txt' suffix dans notre espace de travail et que nous avons demandé à Pharo de l'imprimer sur cet espace par print it. Ce code envoia, bien sûr, le message suffix à l'objet ByteString ('readme.txt'). S'en suit l'exécution de la méthode suffix héritée de la classe String ; toutes ces informations sont encodées dans la ligne suivante de la trace, ByteString(String)»suffix. En visitant la pile, nous pouvons voir que suffix envoie à son tour detect:... et detect;ifNone émet errorNotFound. UndefinedObject

Pour trouver *pourquoi* le point (dot) n'a pas été trouvé, nous avons besoin du débogueur lui-même ; dès lors, il suffit de cliquer sur le bouton **Debug**.

 Vous pouvez aussi ouvrir Debugger en cliquant à l'aide du bouton rouge sur n'importe quelle ligne du stack trace. Si vous faites ainsi, le débogueur s'ouvrira sur la méthode correspondante.

Le débogueur est visible sur la figure 6.26 ; il semble intimidant au début, mais il est assez facile à utiliser. La barre de titre et le panneau supérieur sont très similaires à ceux que nous avons vu dans le notificateur PreDebugWindow. Cependant, le Debugger combine la trace de la pile avec un navigateur de méthode, ainsi quand vous sélectionnez une ligne dans le *stack trace*, la méthode correspondante s'affiche dans le panneau inférieur. Vous devez absolument comprendre que l'exécution qui a causée l'erreur est toujours dans l'image mais dans un état suspendu. Chaque ligne de la trace représente une tranche de la pile d'exécution qui contient toutes les informations nécessaires pour poursuivre l'exécution. Ceci comprend tous les objets impliqués dans le calcul, avec leurs variables d'instance et toutes les variables temporaires des méthodes exécutées.

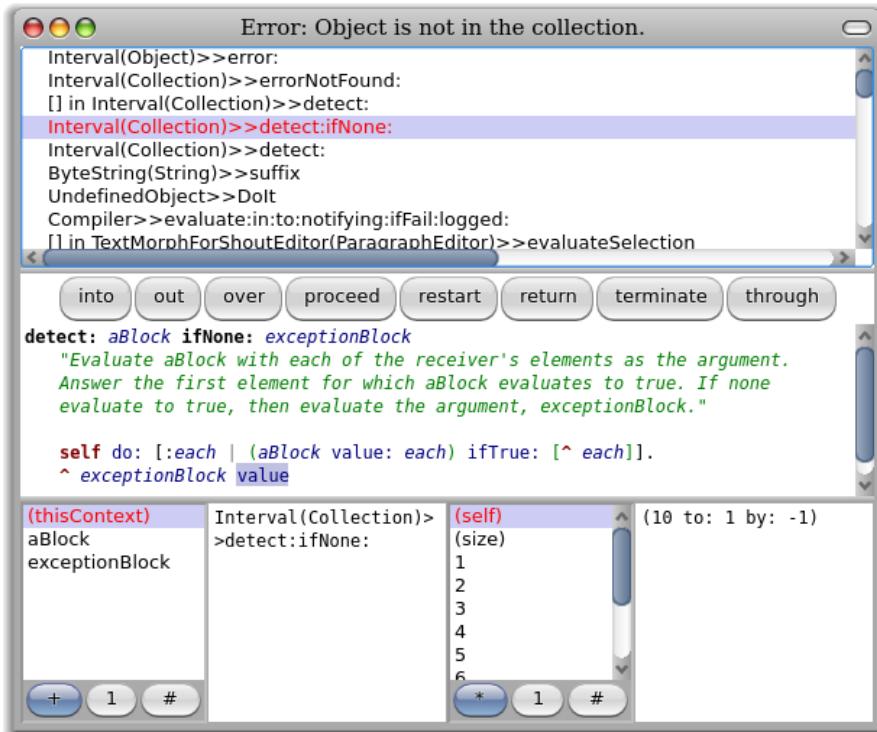


FIGURE 6.26 – Le débogueur.

Dans la figure 6.26 nous avons sélectionné la méthode `detect;ifNone:` dans le panneau supérieur. Le corps de la méthode est affiché dans le panneau central ; la sélection bleue entourant le message `value` nous montre que la méthode actuelle a envoyé le message `value` et attend une réponse.

Les quatre panneaux inférieurs du débogueur sont véritablement deux mini-inspecteurs (sans panneaux-espace de travail). L'inspecteur sur le pan gauche affiche l'objet actuel, c'est-à-dire l'objet nommé `self` dans le panneau central. En sélectionnant différentes lignes de la pile, l'identité de `self` peut changer ainsi que le contenu de l'inspecteur du `self`. Si vous cliquez sur `self` dans le panneau inférieur gauche, vous verrez que `self` est un intervalle (10 to: 1 by -1), ce à quoi nous devions nous attendre. Les panneaux Workspace ne sont pas nécessaires dans les mini-inspecteurs de Debugger car toutes les variables sont aussi à portée dans le panneau de méthode ; vous pouvez entrer et évaluer à loisir n'importe quelle expression. Vous pouvez toujours annuler vos changements en utilisant `cancel (l)` dans le menu ou en tapant `CMD-l`.

L'inspecteur de droite affiche les variables temporaires du contexte courant. Dans la figure 6.26, `value` a été envoyé au paramètre `exceptionBlock`.

- ❶ Pour voir la valeur actuelle de ce paramètre, cliquez sur `exceptionBlock` dans cet inspecteur de contexte. Cela vous informera que `exceptionBlock` est `[self errorNotFound: ...]`. Il n'y a donc rien de surprenant à voir le message d'erreur correspondant.

Du coup, si vous voulez ouvrir un inspecteur complet sur une des variables affichées dans les mini-inspecteurs, vous n'avez qu'à double-cliquer sur le nom de la variable ou alors sélectionner de nom de la variable et demander `inspect (i)` ou `explore (l)` depuis le menu contextuel au bouton jaune : utile si vous voulez suivre le changement d'une variable lorsque vous exécutez un autre code.

En revenant sur le panneau de méthode, nous voyons que nous nous attendions à trouver `dot` dans la chaîne de caractère 'readme.txt' à l'antépénultième (soit l'avant-avant-dernière) ligne de la méthode et que l'exécution n'aurait jamais du atteindre la dernière ligne. Pharo ne nous permet pas de lancer une exécution en arrière mais il ne permet de relancer une méthode, ce qui marche parfaitement dans notre code qui ne mute pas les objets mais qui en crée de nouveaux.

- ❷ Cliquez sur le bouton `Restart` et vous verrez que le locus de l'exécution retournera dans l'état premier de la méthode courante. La sélection bleue englobe maintenant le message suivant à envoyer : `do:` (voir la figure 6.27).

Les boutons `Into` et `Over` offrent deux façons différentes de parcourir l'exécution pas-à-pas. Si vous cliquez sur le bouton `Over`, Pharo exécutera sauf erreur l'envoi de message actuel (dans notre cas `do:`) d'un pas (en anglais, *step*). Ainsi `Over` nous amènera sur le prochain message à envoyer dans la méthode courante. Ici nous passons à `value` : c'est exactement l'endroit où nous avons démarré et ça ne nous aide pas beaucoup. En fait, nous avons besoin de trouver pourquoi `do:` ne trouve pas le caractère que nous cherchons.

- ❸ Cliquez sur le bouton `Over` puis cliquez sur le bouton `Restart` pour obtenir la situation vue dans la figure 6.27.

- ❹ Cliquez sur le bouton `Into` ; Pharo ira dans la méthode correspondante au message surligné par la sélection bleue ; dans ce cas, `Collection»do:`.

Cependant, ceci ne nous aide pas plus : nous pouvons être confiant dans le fait que la méthode `Collection»do:` n'est pas erronée. Le bug est plutôt dans ce que nous demandons à Pharo de faire. `Through` est le bouton approprié à ce cas : nous voulons ignorer les détails de `do:` lui-même et se focaliser sur l'exécution du bloc argument.

- ❺ Cliquez sur le bouton `Through` plusieurs fois. Sélectionnez `each` dans le mini-

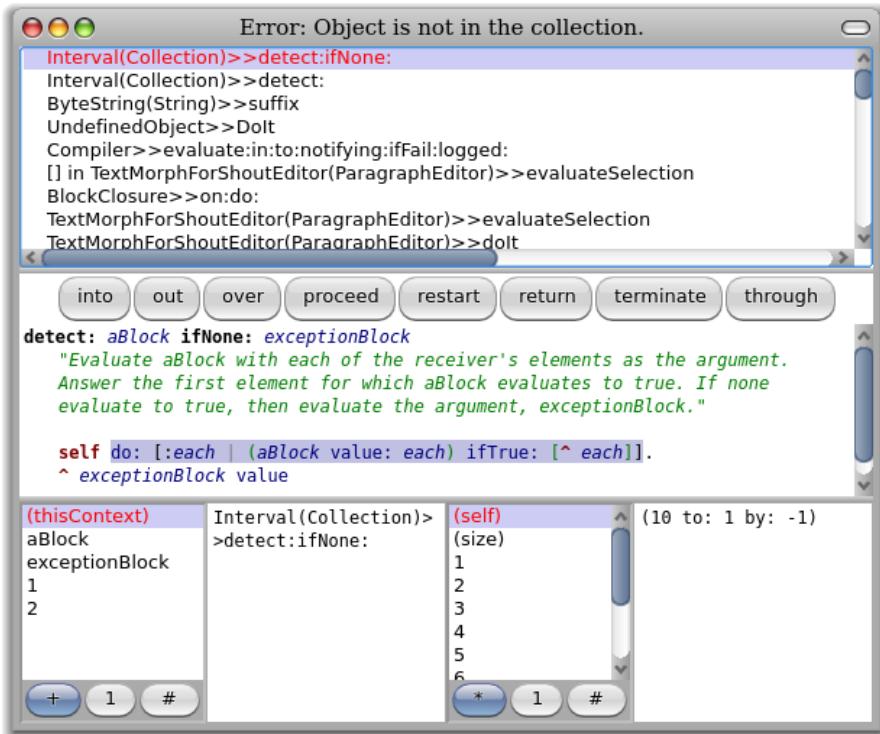


FIGURE 6.27 – Debugger après avoir relancé la méthode `detect: ifNone:.`

inspecteur de contexte (en bas à droite). Vous remarquez que `each` décompte depuis 10 au fur et à mesure de l'exécution de la méthode `do:.`

Quand `each` est 7, nous nous attendons à ce que le bloc `ifTrue:` soit exécuté, mais ce n'est pas le cas. Pour voir ce qui ne marche pas, allez dans l'exécution de `value:` par le bouton `Into` comme illustré par la figure 6.28.

Après avoir cliqué sur le bouton `Into`, nous nous trouvons dans la position illustrée par la figure 6.29. Tout d'abord, il semble que nous soyons revenus à la méthode `suffix` mais c'est parce que nous exécutons désormais le bloc que `suffix` fourni en argument à `detect:.` Si vous sélectionnez `i` dans le mini-inspecteur contextuel, vous pouvez voir sa valeur actuelle, qui devrait être 7 si vous avez suivi jusqu'ici la procédure. Vous pouvez alors sélectionner l'élément correspondant de `self` dans l'inspecteur de `self`. Dans la figure 6.29, vous pouvez voir que l'élément 7 de la chaîne de caractères est le caractère 46 : ce n'est pas un caractère-point. Si vous sélectionnez `dot` dans l'inspecteur contextuel, vous verrez que sa valeur est `'.'`. Vous constatez maintenant qu'ils ne sont pas égaux : le septième caractère de `'readme.txt'` est pourtant un objet

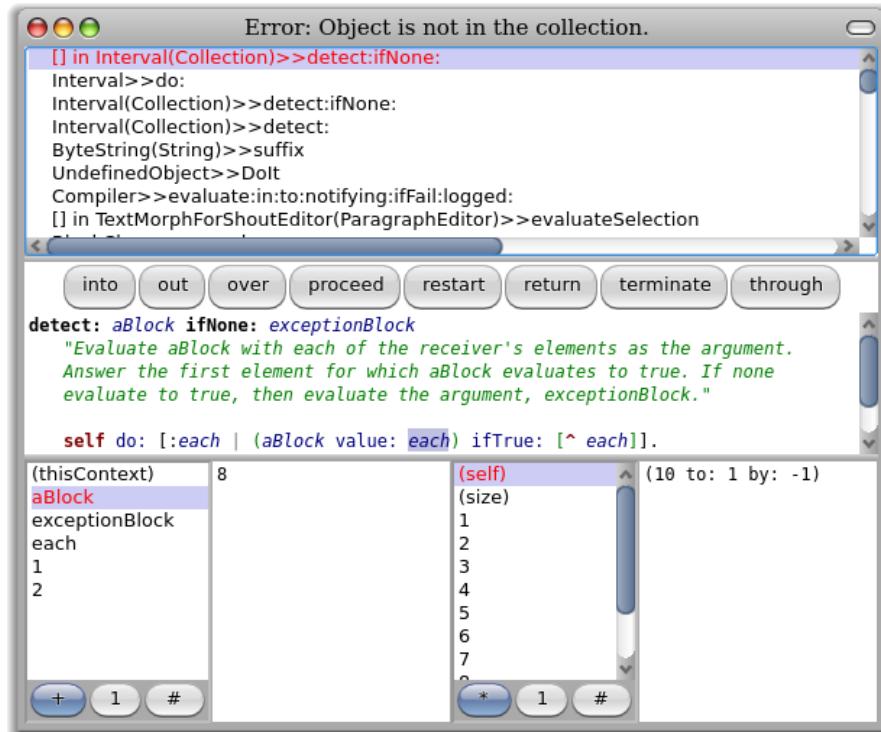


FIGURE 6.28 – Debugger après un *pas* dans la méthode `do:` plusieurs fois grâce au bouton `Through`.

Character (donc un caractère), alors que dot est un String (*c-à-d.* une chaîne de caractères).

Maintenant nous pouvons mettre le doigt sur le bug, la correction¹² est évidente : nous devons convertir dot en un caractère avant de recommencer la recherche.

Changez le code directement dans le débogueur de façon à ce que l'affectation est la forme `dot := FileDirectory dot asCharacter` et acceptez la modification.

Puisque nous sommes en train d'exécuter le code dans un bloc à l'intérieur d'un `detect:`, plusieurs trames de la pile devront être abandonnées de manière à valider le changement. Pharo nous demande si c'est ce que nous voulons (voir la figure 6.30) et, à condition de cliquer sur `yes` (pour signifier que *oui*), Pharo sauvegardera (et compilera) la nouvelle méthode.

12. En anglais, nous parlons de *bug fix*.

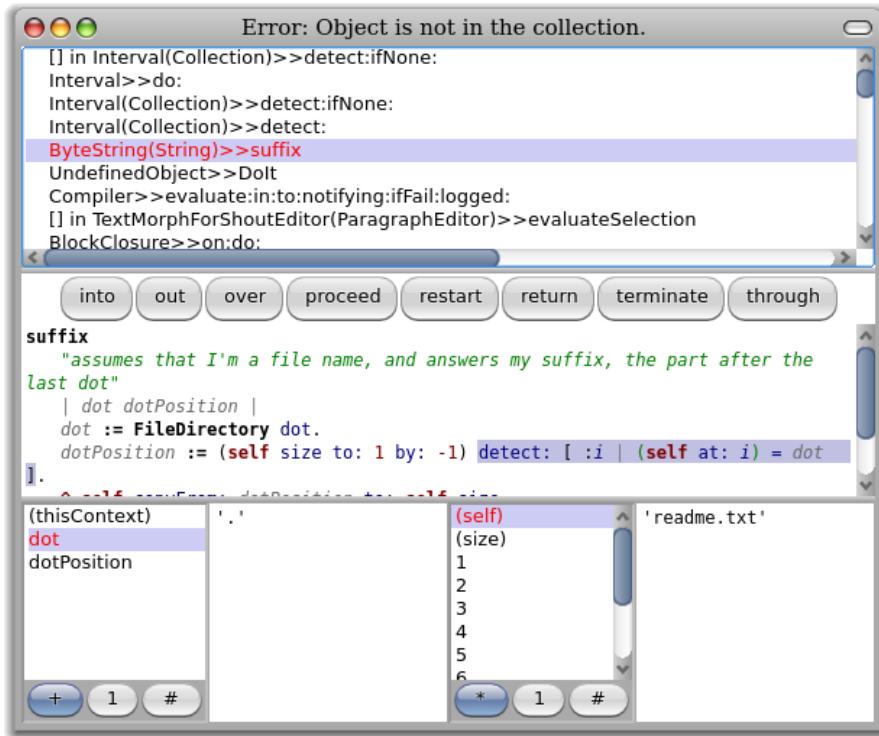


FIGURE 6.29 – Debugger montrant pourquoi 'readme.txt' at: 7 n'est pas égal à dot.

Cliquez sur le bouton **Restart** et ensuite **Proceed**; Debugger disparaîtra et l'évaluation de l'expression 'readme.txt' suffix sera complète et affichera la réponse '.txt'

Est-ce pour autant une réponse correcte ? Malheureusement nous ne pouvons répondre avec certitude. Le suffixe devrait-il être .txt ou txt ? Le commentaire dans la méthode `suffix` n'est pas très précis. La façon d'éviter ce type de problème est d'écrire un test SUnit pour définir la réponse.

Méthode 6.2 – Un simple test pour la méthode `suffix`

```
testSuffixFound
  self assert: 'readme.txt' suffix = 'txt'
```

L'effort requis pour ce faire est à peine plus important que celui qui consiste à lancer le même test dans un espace de travail ; l'avantage de SUnit est de sauvegarder ce test sous la forme d'une documentation exécutable et de faciliter l'accessibilité des usagers de la méthode. En plus, si vous ajoutez la méthode 6.2 à la classe `StringTest` et que vous lancez ce test avec

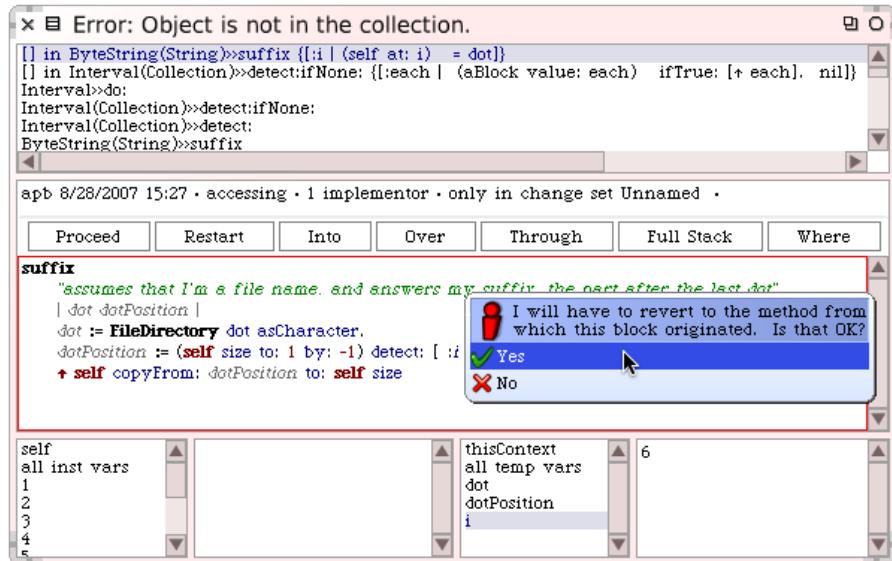


FIGURE 6.30 – Changer la méthode suffix dans Debugger : demander la confirmation de la sortie du bloc interne. La boîte d’alerte nous dit : “Je devrai revenir à la méthode d’où ce bloc est originaire. Est-ce bon ?”. Elle propose les réponses : yes pour oui, no pour non.

SUnit, vous pouvez très facilement revenir pour déboguer l’actuelle erreur. SUnit ouvre Debugger sur l’assertion fautive mais là vous avez simplement besoin de descendre d’une ligne dans la liste-pile, redémarrez le test avec le bouton **Restart** et allez dans la méthode suffix par le bouton **Into**. Vous pouvez alors corriger l’erreur, comme nous l’avons fait dans la figure 6.31. Il s’agit maintenant de cliquer sur le bouton **Run Failures** dans le SUnit Test Runner et de se voir confirmer que le test passe (en anglais, *pass*) normalement. Rapide, non ?

Voici un meilleur test :

Méthode 6.3 – Un meilleur test pour la méthode suffix

```
testSuffixFound
self assert: 'readme.txt' suffix = 'txt'.
self assert: 'read.me.txt' suffix = 'txt'
```

Pourquoi ce test est-il meilleur ? Simplement parce que nous informons le lecteur ce que la méthode devrait faire s’il y a plus d’un point dans la chaîne de caractères, instance de String.

Il y a d’autres moyens d’obtenir une fenêtre de débogueur en plus de ceux

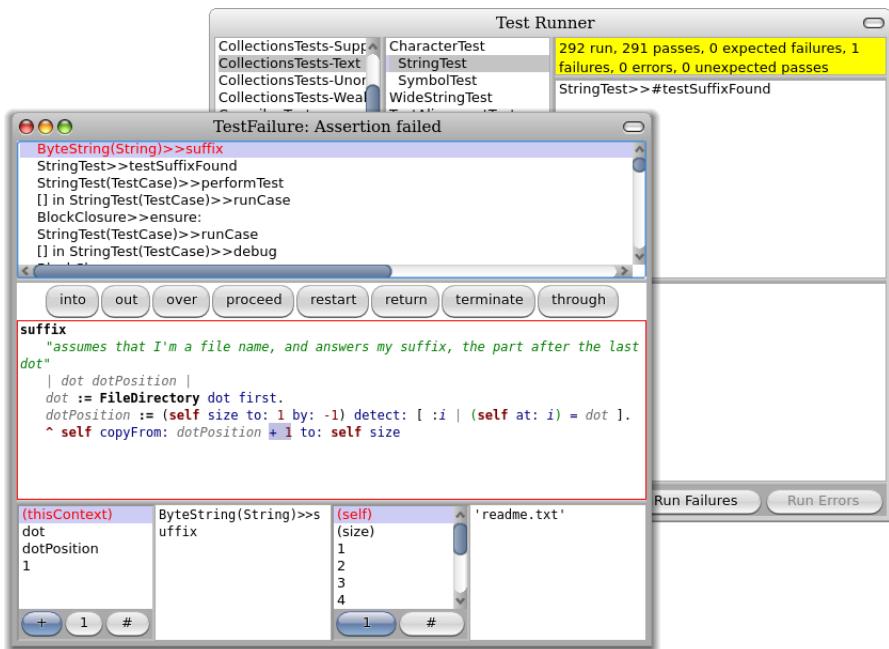


FIGURE 6.31 – Changer la méthode suffix dans Debugger : corriger l’erreur du plus-d’un-point après l’assertion fautive SUnit.

qui consistent à capturer une erreur effective ou à faire une assertion fautive (ou *assertion failures*). Si vous exécutez le code qui conduit à une boucle infinie, vous pouvez l’interrompre et ouvrir un débogueur durant le calcul en tapant CMD-.¹³ Vous pouvez aussi éditer simplement le code suspect en insérant l’expression `self halt`. Ainsi, par exemple, nous pourrions éditer la méthode `suffix` comme suit :

Méthode 6.4 – Insérer une pause par `halt` dans la méthode `suffix`.

```

suffix
"disons que je suis un nom de fichier et que je fournis mon suffixe, la partie suivant le
dernier point"
| dot dotPosition |
dot := FileDirectory dot asCharacter.
dotPosition := (self size to: 1 by: -1) detect: [ :i | (self at: i) = dot ].
self halt.
^ self copyFrom: dotPosition to: self size

```

13. Sachez que vous pouvez ouvrir un débogueur d’urgence n’importe quand en tapant CMD-SHIFT.

Quand nous lançons cette méthode, l'exécution de `self halt` ouvre un notificateur ou *pre-debugger* d'où nous pouvons continuer en cliquant sur `proceed` ou déboguer et explorer l'état des variables, parcourir pas-à-pas la pile d'exécution et éditer le code.

C'est tout pour le débogueur mais nous n'en avons pas fini avec la méthode suffix. Le bug initial aurait dû vous faire réaliser que s'il n'y a pas de point dans la chaîne cible la méthode suffix lèvera une erreur. Ce n'est pas le comportement que nous voulons. Ajoutons ainsi un second test pour signaler ce qu'il pourrait arriver dans ce cas.

Méthode 6.5 – *Un second test pour la méthode suffix : la cible n'a pas de suffixe*
`testSuffixNotFound`

```
self assert: 'readme' suffix = "
```

⌚ Ajoutez la méthode 6.5 à la suite de tests dans la classe `StringTest` et observez l'erreur levée par le test. Entrez dans Debugger en sélectionnant le test erroné dans SUnit puis éditez le code de façon à passer normalement le test (donc sans erreur). La méthode la plus facile et la plus claire consiste à remplacer le message `detect:` par `detect: ifNone:`¹⁴ où le second argument un bloc qui retourne tout simplement une chaîne.

Nous en apprendrons plus sur SUnit dans le chapitre 7.

6.6 Le navigateur de processus

Smalltalk est un système multitâche : plusieurs processus légers (aussi connu sous le nom de *threads*) tournent simultanément dans votre image. Dans l'avenir la machine virtuelle de Pharo bénéficiera davantage des multi-processeurs lorsqu'ils seront disponibles, mais le partage d'accès est actuellement programmé sur le principe de tranches temporelles (ou *time-slice*).

Le Process Browser ou navigateur de processus est un cousin de Debugger qui vous permet d'observer les divers processus tournant dans le système Pharo. La figure 6.32 nous en présente une capture d'écran. Le panneau supérieur gauche liste tous les processus présents dans Pharo, dans l'ordre de leur priorité depuis le *timer interrupt watcher* (système de surveillance d'interruption d'horloge) de priorité 80 au *idle process* ou processus inactif du système de priorité 10. Bien sûr, sur un système mono-processeur, le seul processus pouvant être lancé en phase de visualisation est le *UI*¹⁵ process ou processus graphique ; tous les autres processus seront en attente d'un quelconque événement. Par défaut, l'affichage des processus est statique ; il

14. En anglais, *if none* signifie "s'il n'y a rien".

15. UI désigne *User Interface* ; en français, interface utilisateur.

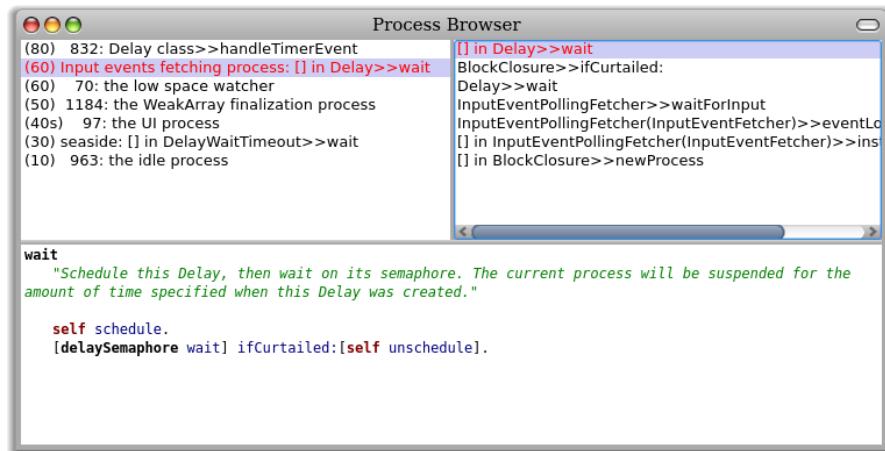


FIGURE 6.32 – Le Process Browser.

peut être mis à jour en utilisant le menu contextuel par le bouton jaune de la souris voire, être basculé dans un mode de rafraîchissement automatique via l’option `turn on auto-update (a)` du même menu.

Si vous sélectionnez un processus dans le panneau supérieur gauche, le panneau de droite affichera son *stack trace* tout comme le fait le débogueur. Si vous en sélectionnez un, la méthode correspondante est affichée dans le panneau inférieur. Le Process Browser n’est pas équipé de mini-inspecteurs pour `self` et `thisContext` mais des options du menu contextuel sur des tranches de la pile permettent des fonctions équivalentes.

6.7 Trouver les méthodes

Il y a deux outils dans Pharo pour vous aider à trouver des messages ; chacun pouvant être trouvé dans l’onglet *Tools*. Ils diffèrent en termes d’interface et de fonctionnalité.

Le *Method Finder* (ou chercheur de méthodes) a été longuement décrit dans la section 1.9 ; vous pouvez l’utiliser pour trouver des méthodes par leur nom ou leur fonction. Cependant, pour observer le corps d’une méthode, le Method Finder ouvre un nouveau navigateur. Cela peut vite devenir pénible.

La fonctionnalité de recherche du Message Names Browser ou navigateur de *noms de messages* est plus limitante : vous entrez un morceau d’un sélecteur de message dans la boîte de recherche et le navigateur liste toutes les méthodes contenant ce fragment dans leurs noms, comme nous pouvons

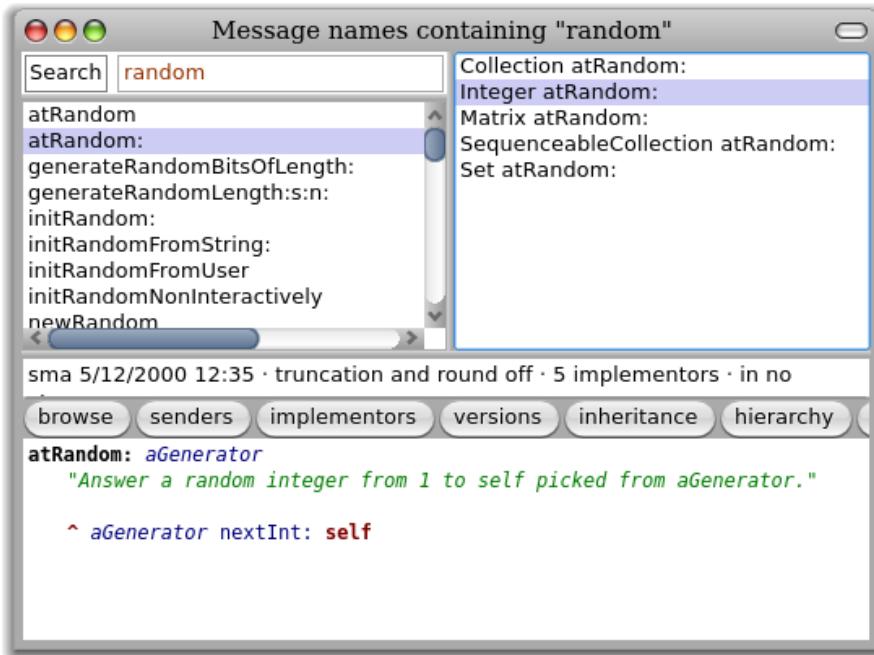


FIGURE 6.33 – Le Method Names Browser montrant toutes les méthodes contenant le sous-élément de chaîne random dans leur sélecteur.

le voir dans la figure 6.33. Cependant, c'est un navigateur complet : si vous sélectionnez un des noms dans la colonne de gauche, toutes les méthodes ayant ce nom seront listées dans celle de droite et vous pourrez alors naviguer dans le panneau inférieur. Le Message Names Browser a une barre de bouton, comme le navigateur classique, pouvant être utilisée pour ouvrir d'autres navigateurs sur la méthode choisie ou sur sa classe.

6.8 Change set et son gestionnaire Change Sorter

À chaque fois que vous travaillez dans Pharo, tous les changements que vous effectuez sur les méthodes et les classes sont enregistrées dans un *change set* (traduisible par “ensemble des modifications”). Ceci inclus la création de nouvelles classes, le renommage de classes, le changement de catégories, l’ajout de méthodes dans une classe existante—en bref, tout ce qui a un impact sur le système. Cependant, les exécutions arbitraires avec *do it* ne sont pas incluses ; par exemple, si vous créez une nouvelle variable globale par affectation dans un espace de travail, la création de variable ne sera pas dans

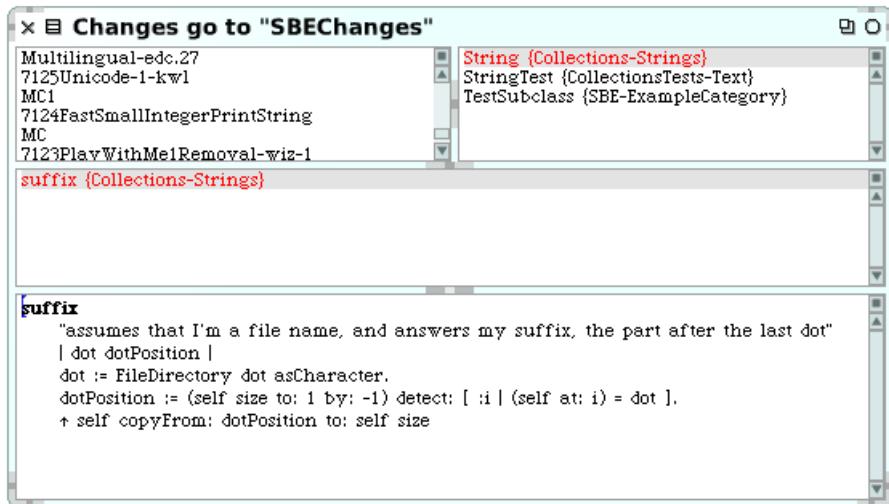


FIGURE 6.34 – Le Change Set Browser.

un change set.

À n'importe quel moment, beaucoup de *change sets* existent, mais un seul d'entre eux — *ChangeSet current* — collecte les changements qui sont en cours dans l'image actuelle. Vous pouvez voir quel *change set* est le *change set* actuel et vous pouvez examiner tous les *change sets* en utilisant le Change Set Browser disponible dans le menu principal dans *World>open...>simple change sorter* ou en glissant l'icône *Change Set* de l'onglet *Tools*.

la figure 6.34 nous montre ce navigateur. La barre de titre affiche le *change set* actuel et ce *change set* est sélectionné quand le navigateur s'ouvre.

Les autres *change sets* peuvent être choisis dans la colonne supérieure de gauche ; le menu contextuel accessible via le bouton jaune vous permet de faire de n'importe quel *change set* votre *change set* actuel ou de créer un nouveau *change set*. La colonne supérieure de droite liste toutes les classes (accompagnées de leurs catégories) affectées par le *change set* sélectionné. Sélectionner une des classes affiche les noms de ses méthodes qui sont aussi dans le *change set* (*pas* toutes les méthodes de la classe) dans le panneau central et sélectionner un de ces noms de méthodes affiche sa définition dans le panneau inférieur. Remarquez que le navigateur ne montre *pas* si la création de la classe elle-même fait partie du *change set* bien que cette information soit stockée dans la structure de l'objet qui est utilisé pour représenter le *change set*.

Le Change Set Browser vous permet d'effacer des classes et des méthodes du *change set* en utilisant le menu du bouton jaune sur les élé-

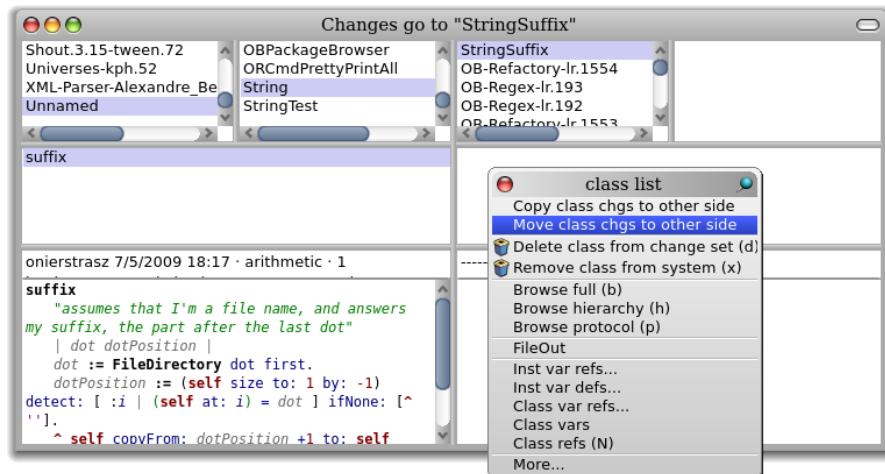


FIGURE 6.35 – Le Change Sorter.

ments correspondants. Cependant, pour une édition plus élaborée, vous devez utiliser un deuxième programme, le *Change Sorter* (ou trieuse de *change set*), disponible sous ce nom dans l'onglet *Tools* ou en passant par *World>open...> dual change sorter*. Nous pouvons le voir dans la figure 6.35.

Le Change Sorter est essentiellement un double navigateur de *change set* côté-à-côte ; chaque côté affiche un *change set*, une classe ou une méthode différente. Cette implémentation supporte les principales fonctions du Change Sorter telles que la possibilité de déplacer ou copier les changements d'un *change set* à un autre, comme nous pouvons le voir dans le menu contextuel accessible via le bouton jaune de la souris dans la figure 6.35. Nous pouvons aussi copier des méthodes d'un pan à un autre.

Vous pouvez vous demander pourquoi vous devez accorder de l'importance à la composition d'un *change set* : la réponse est que les *change sets* fournissent un mécanisme simple pour exporter du code depuis Pharo vers le système de fichiers d'où il peut être importé dans une autre image Pharo ou vers un autre Smalltalk que Pharo. L'exportation de *change set* est connu sous le nom "filing-out" et peut être réalisé en utilisant le menu contextuel (bouton jaune) sur n'importe quel *change set*, classe ou méthode dans n'importe quel navigateur. Des exportations (ou fileouts) répétées créent une nouvelle version du fichier mais les *change sets* ne sont pas un outil de versionnage (gestion de versions) comme peut l'être Monticello : ils ne conservent pas les dépendances.

Avant l'avènement de Monticello, les *change sets* étaient la technique majeure d'échange de code entre les utilisateurs de Pharo. Ils ont l'avantage

d'être simples et relativement portables (le fichier d'exportation n'est qu'un fichier texte ; *nous ne vous recommandons pas* d'éditer ce fichier avec un éditeur de texte). Il est assez facile aussi de créer un *change set* qui modifie beaucoup de parties différentes du système sans aucun rapport entre elles — ce pour quoi Monticello n'est pas encore équipé.

Le principal inconvénient des *change sets* par rapport aux paquetages Monticello est leur absence de notion de dépendances. Une exportation de *change set* est un ensemble d'*actions* transformant n'importe quelle image dans laquelle elle est chargée. Pour en charger avec succès, l'image doit être dans un état approprié. Par exemple, le *change set* pourrait contenir une action pour ajouter une méthode à une classe ; ceci ne peut être fait que si la classe est déjà définie dans l'image. De même, le *change set* pourrait renommer ou recatégoriser une classe, ce qui ne fonctionnerait évidemment que si la classe est présente dans l'image ; les méthodes pourrait utiliser des variables d'instance déclarées lors de l'exportation mais inexisteante dans l'image dans laquelle elles sont importées. Le problème est que les *change sets* ne contiennent pas explicitement les conditions sous lesquelles ils peuvent être chargés : le fichier en cours de chargement marche *au petit bonheur la chance* jusqu'à ce qu'un message d'erreur énigmatique et un *stack trace* surviennent quand les choses tournent mal. Même si le fichier fonctionne, un *change set* peut annuler silencieusement un changement fait par un autre.

À l'inverse, les paquetages (dits aussi packages) de Monticello représentent le code d'une manière déclarative : ils décrivent l'état que l'image devrait avoir une fois le chargement effectué. Ceci permet à Monticello de vous avertir des conflits (quand deux paquetages ont des objectifs incompatibles) et vous permet de charger une série de paquetages dans un ordre de dépendances.

Malgré de ces imperfections, les *change sets* restent utiles ; vous pouvez, en particulier, en trouver sur Internet pour en observer le contenu voire, les utiliser. Maintenant que nous avons vu comment exporter des *change sets* avec le Change Sorter, nous allons voir comment les importer. Cette étape requiert l'usage d'un autre outil, le File List Browser.

6.9 Le navigateur de fichiers File List Browser

Le navigateur de fichiers ou File List Browser est en réalité un outil générique pour naviguer au travers d'un système de fichiers (et aussi sur des serveurs FTP) depuis Pharo. Vous pouvez l'ouvrir depuis le menu `World > open... > file list` ou en le glissant depuis l'onglet *Tools*. Ce que vous y voyez dépend bien sûr du contenu de votre système de fichiers local mais une vue typique du navigateur est illustrée sur la figure 6.36.

Quand vous ouvrez un navigateur de fichiers, il pointera tout d'abord le

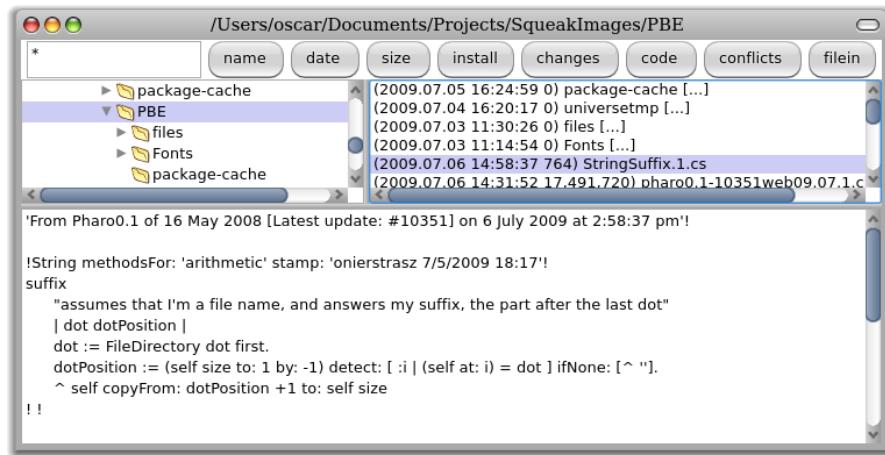


FIGURE 6.36 – Le File List Browser.

répertoire actuel, *c-à-d.* celui depuis lequel vous avez démarré Pharo. La barre de titre montre le chemin de ce répertoire. Le panneau de gauche est utilisé pour naviguer dans le système de fichiers de manière conventionnelle.

Quand un répertoire est sélectionné, les fichiers qu'ils contiennent (mais pas les répertoires) sont affichés sur la droite. Cette liste de fichiers peut être filtrée en entrant dans la petite boîte dans la zone supérieure gauche de la fenêtre un modèle de filtrage ou *pattern* dans le style Unix. Initialement, ce *pattern* est `*`, ce qui est égal à l'ensemble des fichiers, mais vous pouvez entrer une chaîne de caractères différente et l'accepter pour changer ce filtre. Notez qu'un `*` est implicitement joint ou pré-joint au *pattern* que vous entrez. L'ordre de tri des fichiers peut être modifié via les boutons `name` (par nom), `date` (par date) et `size` (par taille). Le reste des boutons dépend du nom du fichier sélectionné dans le navigateur. Dans la figure 6.36, le nom des fichiers ont le suffixe `.cs`, donc le navigateur suppose qu'il s'agit de *change set* et ajoute les boutons `install` (pour *l'importer* dans un nouveau *change set* dont le nom est dérivé de celui du fichier), `changes` (pour naviguer dans le changement du fichier), `code` (pour l'examiner) et `filein` (pour charger le code dans le *change set actuel*). Vous pourriez penser que le bouton `conflicts` vous informerait des modifications du *change set* pouvant être source de conflits dans le code existant dans l'image mais ça n'est pas le cas. En réalité, il vérifie juste d'éventuels problèmes dans le fichier (tel que la présence de sauts de lignes ou *linefeeds*) pouvant indiquer qu'il ne pourrait pas être proprement chargé.

Puisque le choix des boutons affichés dépend du *nom* du fichier et non de son contenu, parfois le bouton dont vous avez besoin pourrait ne pas être affiché. N'importe comment, le jeu complet des options est toujours

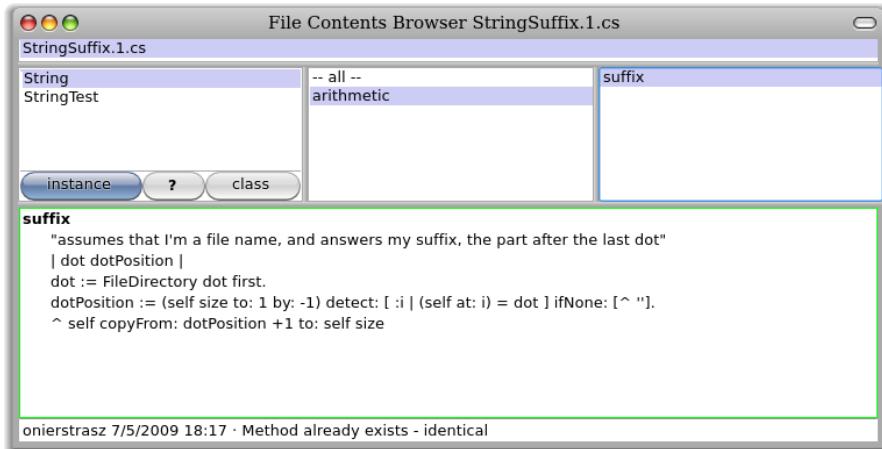


FIGURE 6.37 – Le File Contents Browser.

disponible grâce à l’option `more...` du menu contextuel accessible via le bouton jaune, ainsi vous pouvez facilement contourner ce problème.

Le bouton `code` est certainement le plus utile pour travailler avec les *change sets* ; il ouvre un navigateur sur le contenu du fichier. Un exemple est présenté dans la figure 6.37. Le File Contents Browser est proche d’un navigateur classique à l’exception des catégories ; seuls les classes, les protocoles et les méthodes sont présentés. Pour chaque classe, ce navigateur précise si la classe existe déjà dans le système ou non et si elle est définie dans le fichier (mais *pas* si les définitions sont identiques). Il affichera les méthodes de chaque classe ainsi que les différences entre la version actuelle et celle dans le fichier ; ce que nous montre la figure 6.37. Les options du menu contextuel de chacun des quatre panneaux supérieurs vous permettra de charger (en anglais, *file in*) le *change set* complet, la classe, le protocole ou la méthode correspondante.

6.10 En Smalltalk, pas de perte de codes

Pharo peut parfois planter : en tant que système expérimental, Pharo vous permet de changer n’importe quoi dont les éléments vitaux qui font que Pharo fonctionne !

 Pour crasher malicieusement Pharo, évaluez `Object become: nil`.

La bonne nouvelle est que vous ne perdez jamais votre travail, même si votre image plante et revient dans l’état de la dernière version sauvegardée

il y a de cela peut être des heures. La raison en est que tout code exécuté est sauvegardé dans le fichier `.changes`. Tout ceci inclut les expressions que vous évaluez dans un espace de travail Workspace, tout comme le code que vous ajoutez à une classe en la programmant.

Ainsi, voici les instructions sur comment rappeler ce code. Il n'est pas utile de lire ce qui suit tant que vous n'en avez pas besoin. Cependant, quand vous en aurez besoin, vous saurez où le trouver.

Dans le pire des cas, vous pouvez toujours utiliser un éditeur de texte sur le fichier `.changes`, mais quand celui-ci pèse plusieurs méga-octets, cette technique pourrait s'avérer lente et peu recommandable. Pharo vous offre de meilleures façons de vous en sortir.

La pêche au code

Redémarrez Pharo depuis la sauvegarde (ou *snapshot*) la plus récente et sélectionnez `World > help > useful expressions`. Ceci vous ouvrira un Workspace plein d'expressions utiles. Les trois premières,

```
Smalltalk recover: 10000.  
ChangeList browseRecentLog.  
ChangeList browseRecent: 2000.
```

sont les plus utiles pour le recouvrement de données.

Si vous exécutez `ChangeList browseRecentLog`, vous aurez l'opportunité de décider jusqu'où vous souhaitez revenir dans l'historique. Normalement, naviguer dans les changements depuis la dernière sauvegarde est suffisant (et vous pouvez obtenir le même effet en éditant `ChangeList browseRecent: 2000` en tâtonnant sur le chiffre empirique 2000).

Une fois que vous avez le navigateur des modifications récentes nommé *Recent Changes Browser* vous affichant les changements, disons, depuis votre dernière sauvegarde, vous aurez une liste de tout ce que vous avez effectué dans Pharo durant tout ce temps. Vous pouvez effacer des articles de cette liste en utilisant le menu accessible par le bouton jaune de la souris. Quand vous êtes satisfait, vous pouvez charger (c'est-à-dire faire un *file-in*) ce qui a été laissé et ainsi incorporer les modifications dans un nouveau *change set*.

Une chose utile à faire dans le *Recent Changes Browser* est d'effacer les évaluations *do it* via `remove doits`. Habituellement vous ne voudriez pas charger (c'est-à-dire re-exécuter) ses expressions. Cependant, il existe une exception. Créer une classe apparaît comme un `dolt`. Avant de charger les méthodes d'une classe, la classe doit exister. Donc, si vous avez créer des nouvelles classes, chargez en premier lieu les `doits` créateur de classes, ensuite utilisez `remove doits` (pour ne pas charger les expressions d'un espace de travail) et enfin charger les méthodes.

Quand j'en ai fini avec le recouvrement (en anglais, *recover*), j'aime exporter (par *file-out*) mon nouveau *change set*, quitter Pharo sans sauvegarder l'image, redémarrer et m'assurer que mon nouveau fichier se charge parfaitement.

6.11 Résumé du chapitre

Pour développer efficacement avec Pharo, il est important d'investir quelques efforts dans l'apprentissage des outils disponibles dans l'environnement.

- Le *System Browser* standard est votre principale interface pour naviguer dans les catégories de classes, les classes, les protocoles et les méthodes existants et pour en définir de nouveaux. Ce navigateur de classe offre plusieurs boutons pour accéder directement aux *senders* ou aux *implementors* de message, aux versions d'une méthode, etc.
- Plusieurs navigateurs de classes différents existent (tel que OmniBrowser et le Refactoring Browser), et plusieurs sont spécialisés (comme le Hierarchy Browser) pour fournir différentes vues sur les classes et les méthodes.
- Depuis n'importe quel outil, vous pouvez sélectionner en surlignant le nom d'une classe ou celui d'une méthode pour obtenir immédiatement un navigateur en utilisant le raccourci-clavier CMD-b.
- Vous pouvez aussi naviguer dans le système Smalltalk de manière programmatique en envoyant des messages à *SystemNavigation default*.
- *Monticello* est un outil d'import-export, de versionnage (organisation et maintien de versions, en anglais, *versioning*) et de partage de *paquetages* de classes et de méthodes nommés aussi *packages*. Un paquetage Monticello comprend une catégorie-système, des sous-catégories et des protocoles de méthodes associés dans d'autres catégories.
- L'*Inspector* et l'*Explorer* sont deux outils utiles pour explorer et interagir avec les objets vivants dans votre image. Vous pouvez même inspecter des outils en cliquant via le bouton bleu de la souris pour afficher leur *halo* et en sélectionnant l'icône *debug* .
- Le *Debugger* ou débogueur est un outil qui non seulement vous permet d'inspecter la pile d'exécution (*runtime stack*) de votre programme lorsque qu'une erreur est signalée, mais aussi, vous assure une interaction avec tous les objets de votre application, incluant le code source. Souvent, vous pouvez modifier votre code source depuis le Debugger et continuer l'exécution. Ce débogueur est particulièrement efficace comme outil pour le développement orienté test (ou, en anglais, *test-first development*) en tandem avec SUnit (le chapitre 7).
- Le *Process Browser* ou navigateur de processus vous permet de piloter (monitoring), chercher (querying) et interagir avec les processus courants lancés dans votre image.

- Le *Method Finder* et le *Message Names Browser* sont deux outils destinés à la localisation de méthodes. Le premier excelle lorsque vous n'êtes pas sûr du nom mais que vous connaissez le comportement. Le second dispose d'une interface de navigation plus avancée pour le cas où vous savez au moins une partie du nom.
- Les *change sets* sont des journaux de bord (ou log) automatiquement générés pour tous les changements du code source dans l'image. Bien que rendus obsolètes par la présence de Monticello comme moyen de stockage et d'échange des versions de votre code source, ils sont toujours utiles, en particulier pour réparer des erreurs catastrophiques aussi rares soient-elles.
- Le *File List Browser* est un programme pour parcourir le système de fichiers. Il vous permet aussi d'insérer du code source depuis le système de fichiers via `fileIn`.
- Dans le cas où votre image plante¹⁶ avant que vous l'ayez sauvegardée ou que vous ayez enregistré le code source avec Monticello, vous pouvez toujours retrouver vos modifications les plus récentes en utilisant un *Change List Browser*. Vous pouvez alors sélectionner les changements ou *changes* (en anglais) que vous voulez reprndre et les charger dans la copie la plus récente de votre image.

16. Nous parlons de *crash*, en anglais.

Chapitre 7

SUnit

7.1 Introduction

SUnit est un environnement simple mais pourtant puissant pour la création et le déploiement de tests. Comme son nom l'indique, SUnit est conçu plus particulièrement pour les *tests unitaires*, mais en fait, il peut être aussi utilisé pour des tests d'intégration ou des tests fonctionnels. SUnit a été développé par Ken Beck et ensuite grandement étendu par d'autres développeurs, dont notamment Joseph Pelrine, avec la prise en compte de la notion de ressource décrite dans la section 7.6. L'intérêt pour le test et le développement dirigé par les tests ne se limite pas à Pharo ou Smalltalk. L'automatisation des tests est devenue une pratique fondamentale des méthodes de développement agiles et tout développeur concerné par l'amélioration de la qualité du logiciel ferait bien de l'adopter. En effet, de nombreux développeurs apprécient la puissance du test unitaire et des versions de *x*Unit sont maintenant disponibles pour de nombreux langages dont Java, Python, Perl, .Net et Oracle.

Ce chapitre décrit SUnit 3.3 (la version courante lors de l'écriture de ce document) ; le site officiel de SUnit est sunit.sourceforge.net, dans lequel les mises à jour sont disponibles.

Le test et la construction de lignes de tests ne sont pas des pratiques nouvelles : il est largement reconnu que les tests sont utiles pour débusquer les erreurs. En considérant le test comme une pratique fondamentale et en promouvant les tests *automatisés*, l'eXtreme Programming a contribué à rendre le test productif et excitant plutôt qu'une corvée routinière dédaignée des développeurs. La communauté liée à Smalltalk bénéficie d'une longue tradition du test grâce au style de programmation incrémental supporté par

l'environnement de développement. Traditionnellement, un programmeur Smalltalk écrirait des tests dans un Workspace dès qu'une méthode est achevée. Quelquefois, un test serait intégré comme commentaire en tête de méthode en cours de mise au point, ou bien les tests plus élaborés seraient inclus dans la classe sous la forme de méthodes exemples. L'inconvénient de ces pratiques est que les tests édités dans un Workspace ne sont pas disponibles pour les autres développeurs qui modifient le code ; les commentaires et les méthodes exemples sont de ce point de vue préférables mais ne permettent toujours pas ni leur suivi ni leur automatisation. Les tests qui ne sont pas exécutés ne vous aident pas à trouver les bugs ! De plus, une méthode exemple ne donne au lecteur aucune information concernant le résultat attendu : vous pouvez exécuter l'exemple et voir le — peut-être surprenant — résultat, mais vous ne saurez pas si le comportement observé est correct.

SUnit est productif car il nous permet d'écrire des tests capables de s'auto-vérifier : le test définit lui-même quel est le résultat attendu. SUnit nous aide aussi à organiser les tests en groupes, à décrire le contexte dans lequel les tests doivent être exécutés, et à exécuter automatiquement un groupe de tests. En utilisant SUnit, vous pouvez écrire des tests en moins de deux minutes ; alors, au lieu d'écrire des portions de code dans un Workspace, nous vous encourageons à utiliser SUnit et à bénéficier de tous les avantages de tests sauvegardés et exécutables automatiquement.

Dans ce chapitre, nous commencerons par discuter de la raison des tests et de ce qu'est un bon test. Nous présenterons alors une série de petits exemples montrant comment utiliser SUnit. Finalement, nous étudierons l'implémentation de SUnit, de façon à ce que vous compreniez comment Smalltalk utilise la puissance de la réflexivité pour la mise en œuvre de ses outils.

7.2 Pourquoi tester est important

Malheureusement, beaucoup de développeurs croient perdre leur temps avec les tests. Après tout, *ils n'écrivent pas de bug* — seulement les *autres* programmeurs le font. La plupart d'entre nous avons dit, à un moment ou à un autre : “j'écrirais des tests si j'avais plus de temps”. Si vous n'écrivez jamais de bugs, et si votre code n'est pas destiné à être modifié dans le futur, alors, en effet, les tests sont une perte de temps. Pourtant, cela signifie très probablement que votre application est triviale, ou qu'elle n'est pas utilisée, ni par vous, ni par quelqu'un d'autre. Pensez aux tests comme un investissement sur le futur : disposer d'une suite de tests est dès à présent tout à fait utile, mais sera *extrêmement* utile dans le futur, lorsque votre application ou votre environnement dans lequel elle s'exécute évoluera.

Les tests jouent plusieurs rôles. Premièrement, ils fournissent une docu-

mentation pour la fonctionnalité qu'ils couvrent. De plus, la documentation est active : l'observation des passes de tests vous indique que votre documentation est à jour. Deuxièmement, les tests aident les développeurs à garantir que certaines modifications qu'ils viennent juste d'apporter à un package n'ont rien cassé dans le système — et à trouver quelles parties sont cassées si leur confiance s'avère contredite. Finalement, écrire des tests en même temps que — ou même avant de — programmer vous force à penser à la fonctionnalité que vous désirez concevoir et à *comment elle devrait apparaître au client*, plutôt qu'à comment la mettre en œuvre. En écrivant les tests en premier — avant le code — vous êtes contraint d'établir le contexte dans lequel votre fonctionnalité s'exécutera, la façon dont elle interagira avec le code client et les résultats attendus. Votre code s'améliorera : essayez donc !

Nous ne pouvons pas tester tous les aspects d'une application réaliste. Couvrir une application complète est tout simplement impossible et ne devrait pas être l'objectif du test. Même avec une bonne suite de tests, certains bugs seront quand même présents dans votre application, sommeillant en attendant l'occasion d'endommager votre système. Si vous constatez que c'est arrivé, tirez-en parti ! Dès que vous découvrez le bug, écrivez un test qui le met en évidence, exécutez le test et observez qu'il échoue. Alors vous pourrez commencer à corriger le bug : le test vous indiquera quand vous en aurez fini.

7.3 De quoi est fait un bon test ?

Écrire de bons tests constitue un savoir-faire qui peut s'apprendre facilement par la pratique. Regardons comment concevoir les tests de façon à en tirer le maximum de bénéfices.

1. Les tests doivent pouvoir être réitérés. Vous devez pouvoir exécuter un test aussi souvent que vous le voulez et vous devez toujours obtenir la même réponse.
2. Les tests doivent pouvoir s'exécuter sans intervention humaine. Vous devez même être capable de les exécuter pendant la nuit.
3. Les tests doivent vous raconter une histoire. Chaque test doit couvrir un aspect d'une partie de code. Un test doit agir comme un scénario que vous ou quelqu'un d'autre peut lire de façon à comprendre une partie de fonctionnalité.
4. Les tests doivent changer moins fréquemment que la fonctionnalité qu'ils couvrent : vous ne voulez pas changer tous vos tests à chaque fois que vous modifiez votre application. Une façon d'y parvenir est d'écrire des tests basés sur l'interface publique de la classe que vous êtes en train de tester. Il est possible d'écrire un test pour une méthode utilitaire

privée si vous sentez que la méthode est suffisamment compliquée pour nécessiter le test, mais vous devez être conscient qu'un tel test est susceptible d'être modifié ou intégralement supprimé quand vous pensez à une meilleure mise en œuvre.

Une conséquence du point (3) est que le nombre de tests doit être proportionnel au nombre de fonctions à tester : changer un aspect du système ne doit pas altérer tous les tests mais seulement un nombre limité. C'est important car avoir 100 échecs de tests doit constituer un signal beaucoup plus fort que d'en avoir 10. Cependant, cet idéal n'est pas toujours possible à atteindre : en particulier, si une modification casse l'initialisation d'un objet ou la mise en place du test, une conséquence probable peut être l'échec de tous les tests.

L'eXtreme Programming recommande d'écrire des tests avant de coder. Cela semble contredire nos instincts profonds de développeur. Tout ce que nous pouvons dire est : allez de l'avant et essayez donc ! Nous trouvons qu'écrire les tests avant le code nous aide à déterminer ce que nous voulons coder, nous aide à savoir quand nous avons terminé et nous aide à conceptualiser la fonctionnalité d'une classe et à concevoir son interface. De plus, le développement «*test d'abord*» (test-first) nous donne le courage d'avancer rapidement parce que nous n'avons pas peur d'oublier quelque chose d'important.

7.4 SUnit par l'exemple

Avant de considérer SUnit en détails, nous allons montrer un exemple, étape par étape. Nous utilisons un exemple qui teste la classe Set. Essayez de saisir le code au fur et à mesure que nous avançons.

Étape 1 : créer la classe de test

 Créez tout d'abord une nouvelle sous-classe de TestCase nommée ExampleSetTest. Ajoutez-lui deux variables d'instance de façon à ce que votre classe ressemble à ceci :

Classe 7.1 – Un exemple de classe de test pour Set

```
TestCase subclass: #ExampleSetTest
instanceVariableNames: 'full empty'
classVariableNames: ''
poolDictionaries: ''
category: 'MySetTest'
```

Nous utiliserons la classe ExampleSetTest pour regrouper tous les tests relatifs à la classe Set. Elle définit le contexte dans lequel les tests s'exécuteront. Ici, le contexte est décrit par les deux variables d'instance full et empty qui seront utilisées pour représenter respectivement, un Set plein et un Set vide.

Le nom de la classe n'est pas fondamental, mais par convention il devrait se terminer par Test. Si vous définissez une classe nommée Pattern et que vous nommez la classe de test correspondante PatternTest, les deux classes seront présentées ensemble, par ordre alphabétique, dans le System Browser (en considérant qu'elles sont dans la même catégorie). Il est indispensable que votre classe soit une sous-classe de TestCase.

Étape 2 : initialiser le contexte du test

La méthode setUp (en anglais, *configurer*) définit le contexte dans lequel les tests vont s'exécuter, un peu comme la méthode initialize. setUp est invoquée avant l'exécution de chaque méthode de test définie dans la classe de test.

 Définissez la méthode setUp de la façon suivante pour initialiser la variable empty, de sorte qu'elle référence un Set vide ; et la variable full, de sorte qu'elle référence un Set contenant deux éléments.

Méthode 7.2 – Mettre au point une installation

```
ExampleSetTest»setUp
empty := Set new.
full := Set with: 5 with: 6
```

Dans le jargon du test, le contexte est appelé *l'installation* du test (en anglais, *fixture*).

Étape 3 : écrire quelques méthodes de test

Créons quelques tests en définissant quelques méthodes dans la classe ExampleSetTest. Chaque méthode représente un test ; le nom de la méthode devrait commencer par la chaîne “test” pour que SUnit les regroupe en suites de tests. Les méthodes de test ne prennent pas d'arguments.

 Définissez les méthodes de test suivantes.

Le premier test, nommé `testIncludes`, teste la méthode `includes`: de Set. Le test dit que, envoyer le message `includes: 5` à un Set contenant 5 devrait retourner `true`. Clairement, ce test repose sur le fait que la méthode `setUp` s'est déjà exécutée.

Méthode 7.3 – Tester l'appartenance à un Set

`ExampleSetTest»testIncludes`

```
self assert: (full includes: 5).
self assert: (full includes: 6)
```

Le second test nommé `testOccurrences` vérifie que le nombre d'occurrences de 5 dans le Set `full` est égal à `un`, même si nous ajoutons un autre élément 5 au Set.

Méthode 7.4 – Tester des occurrences

`ExampleSetTest»testOccurrences`

```
self assert: (empty occurrencesOf: 0) = 0.
self assert: (full occurrencesOf: 5) = 1.
full add: 5.
self assert: (full occurrencesOf: 5) = 1
```

Finalement, nous testons que le Set n'a plus d'élément 5 après que nous l'ayons supprimé.

Méthode 7.5 – Tester la suppression

`ExampleSetTest»testRemove`

```
full remove: 5.
self assert: (full includes: 6).
self deny: (full includes: 5)
```

Notez l'utilisation de la méthode `deny`: pour garantir que quelque chose ne doit pas être vrai. `aTest deny: anExpression` est équivalent à `aTest assert: anExpression not`, mais en beaucoup plus lisible.

Étape 4 : exécuter les tests

L'exécution des tests se fait le plus simplement en utilisant directement le Browser. Cliquez avec le bouton d'action sur le paquetage, le nom de la classe ou une méthode de tests et, de là, sélectionnez `run the tests (t)`. Les méthodes de tests seront alors, entièrement ou partiellement, signalées par une puce rouge ou verte selon le succès complet, partiel ou bien l'échec des tests.

Vous pouvez aussi sélectionner certaines suites de tests à lancer et obtenir un listing plus détaillé des résultats en lançant l'exécuteur de tests Test Runner de SUnit depuis le menu `World > Test Runner`. L'exécuteur de tests, montré

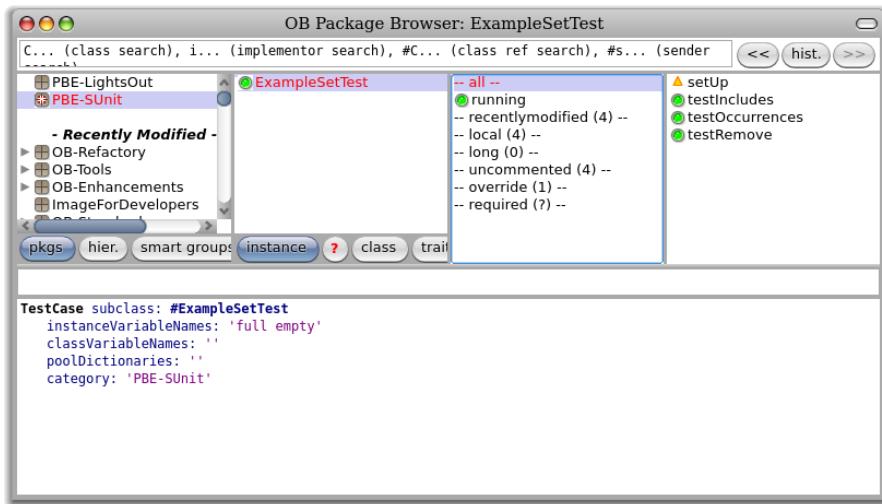


FIGURE 7.1 – Lancer les tests SUnit depuis le Browser.

dans la figure 7.2, est conçu pour faciliter l'exécution de groupes de tests. Le panneau le plus à gauche présente toutes les catégories qui contiennent des classes de test (*c-à-d.* sous-classes de `TestCase`). Lorsque certaines de ces catégories sont sélectionnées, les classes de test qu'elles contiennent apparaissent dans le panneau de droite. Les classes abstraites sont en italique et la hiérarchie des classes de test est visible par l'indentation, ainsi les sous-classes de `ClassTestCase` sont plus indentées que les sous-classes de `TestCase`.

Ouvrez le *Test Runner*, sélectionnez la catégorie `MyTest` et cliquez le bouton `Run Selected`.

Introduisez un bug dans `ExampleSetTest>>testRemove` et évaluez le test à nouveau. Par exemple, remplacez 5 par 4.

Les tests qui ne sont pas passés (s'il y en a) sont listés dans les panneaux de droite du *Test Runner*. Si vous voulez en déboguer un et voir pourquoi il échoue, il suffit juste de cliquer sur le nom.

Étape 5 : interpréter les résultats

La méthode `assert:`, définie dans la classe `TestCase`, prend un booléen en argument ; habituellement la valeur d'une expression testée. Quand cet argument est à vrai (`true`), le test est réussi ; quand cet argument est à faux (`false`), le test échoue.

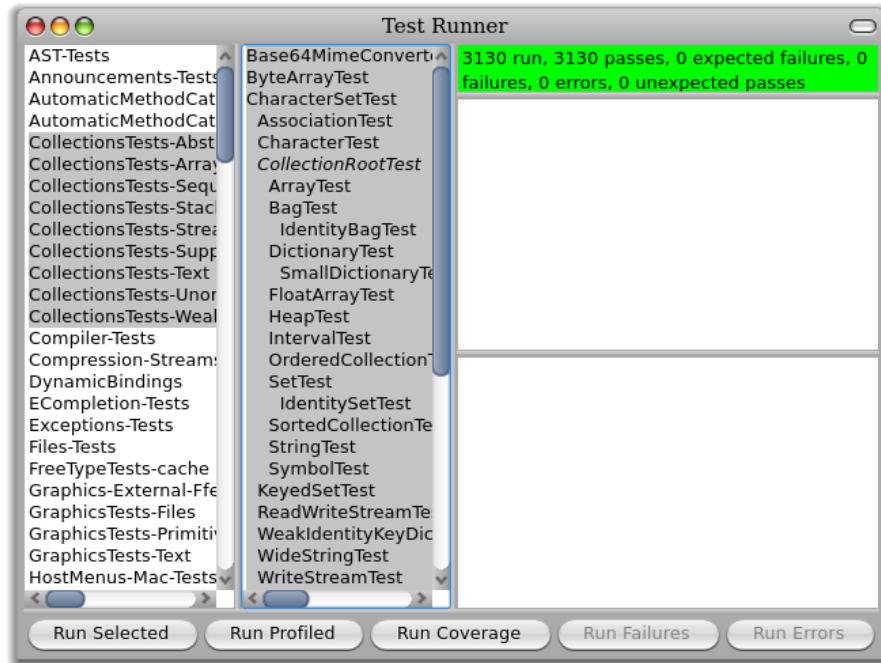


FIGURE 7.2 – SUnit, l'exécuteur de test de Pharo.

Il y a actuellement trois résultats possibles pour un test. Le résultat espéré est que toutes les assertions du test soient vraies, dans ce cas le test réussit. Dans l'exécuteur de tests (TestRunner), quand tous les tests réussissent, la barre du haut devient verte. Pourtant, il reste deux possibilités pour que quelque chose se passe mal quand vous évaluez le test. Le plus évident est qu'une des assertions peut être fausse, entraînant l'*échec* du test. Pourtant, il est aussi possible qu'une erreur intervienne pendant l'exécution du test, telle qu'une erreur *message non compris* ou une erreur *d'indice hors limites*.

Si une erreur survient, les assertions de la méthode de test peuvent ne pas avoir été exécutées du tout, ainsi nous ne pouvons pas dire que le test a échoué. Toutefois, quelque chose est clairement faux ! Dans l'exécuteur de tests (TestRunner), la barre du haut devient jaune pour les tests en échec et ces tests sont listés dans le panneau du milieu à droite, alors que pour les tests erronés, la barre devient rouge et ces tests sont listés dans le panneau en bas à droite.

 *Modifiez vos tests de façon à provoquer des erreurs et des échecs.*

7.5 Les recettes pour SUnit

Cette section vous donne plus d'informations sur la façon d'utiliser SUnit. Si vous avez utilisé un autre environnement de test comme JUnit¹, ceci vous sera familier puisque tous ces environnements sont issus de SUnit. Normalement, vous utiliserez l'IHM² de SUnit pour exécuter les tests à l'exception de certains cas.

Autres assertions

En supplément de `assert:` et `deny:`, il y a plusieurs autres méthodes pouvant être utilisées pour spécifier des assertions.

Premièrement, `assert:description:` et `deny:description:` prennent un second argument qui est un message sous la forme d'une chaîne de caractères pouvant être utilisé pour décrire la raison de l'échec au cas où elle n'apparaît pas évidente à la lecture du test lui-même. Ces méthodes sont décrites dans la section 7.7.

Ensuite, SUnit dispose de deux méthodes supplémentaires, `should:raise:` et `shouldnt:raise:` pour la propagation des exceptions de test. Par exemple, `self should: aBlock raise: anException` vous permet de tester si une exception particulière est levée pendant l'exécution de `aBlock`. La méthode 7.6 illustre l'utilisation de `should:raise:`.

 *Essayez d'évaluer ce test.*

Notez que le premier argument des méthodes `should:` et `shouldnt:` est un bloc qui contient l'expression à évaluer.

Méthode 7.6 – Tester la levée d'une erreur

ExampleSetTest»testIllegal

```
self should: [empty at: 5] raise: Error.  
self should: [empty at: 5 put: #zork] raise: Error
```

SUnit est portable : il peut être utilisé avec tous les dialectes de Smalltalk. Afin de rendre SUnit portable, ses développeurs ont retiré les parties dépendantes des dialectes. La méthode de classe `TestResult class»error` retourne la classe erreur du système de façon indépendante du dialecte. Vous pouvez en profiter aussi : si vous voulez écrire des tests qui fonctionnent quelque soit le dialecte de Smalltalk, vous pouvez écrire la méthode 7.6 ainsi :

1. <http://junit.org>

2. Interface Homme Machine.

Méthode 7.7 – Gestion portable des erreurs

ExampleSetTest»testIllegal

```
self should: [empty at: 5] raise: TestResult error.  
self should: [empty at: 5 put: #zork] raise: TestResult error
```

 *Essayez-le !*

Exécuter un test simple

Normalement, vous exécuterez vos tests avec l'exécuteur de tests (TestRunner). Vous pouvez aussi le lancer en faisant un [do it](#) du code TestRunner open.

Vous pouvez exécuter un simple test de la façon suivante :

ExampleSetTest run: #testRemove → 1 run, 1 passed, 0 failed, 0 errors

Exécuter tous les tests d'une classe de test

Toute sous-classe de TestCase répond au message suite qui construira une suite de tests contenant toutes les méthodes de la classe dont le nom commence par la chaîne "test". Pour exécuter les tests de la suite, envoyez-lui le message run. Par exemple :

ExampleSetTest suite run → 5 run, 5 passed, 0 failed, 0 errors

Dois-je sous-classer TestCase ?

Avec JUnit, vous pouvez construire un TestSuite dans n'importe quelle classe contenant des méthodes test*. En Smalltalk, vous pouvez faire la même chose mais vous aurez à créer une suite manuellement et votre classe devra mettre en œuvre toutes les méthodes essentielles de TestCase comme assert:. Nous ne vous le recommandons pas. L'environnement est déjà là : utilisez-le.

7.6 L'environnement SUnit

Comme montré dans la figure 7.3, SUnit consiste en quatre classes principales : TestCase, TestSuite, TestResult et TestResource. La notion de *ressource de test* a été introduite dans SUnit 3.1 pour représenter une ressource coûteuse à installer mais qui peut être utilisée par toute une série de tests. Un TestResource spécifie une méthode setUp qui est exécutée une seule fois avant la suite de

tests ; à la différence de la méthode `TestCase»setUp` qui est exécutée avant chaque test.

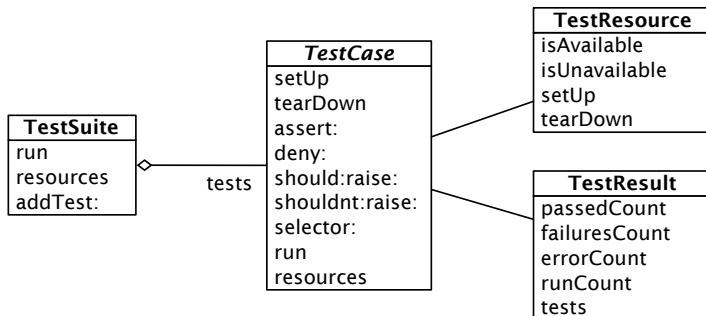


FIGURE 7.3 – Les quatres classes constituant le noyau de SUnit.

TestCase

`TestCase` est une classe abstraite conçue pour avoir des sous-classes ; chacune de ses sous-classes représente un groupe de tests qui partagent un contexte commun (ce qui constitue une suite de tests). Chaque test est évalué par la création d'une nouvelle instance d'une sous-classe de `TestCase` par l'exécution de `setUp`, par l'exécution de la méthode de test elle-même puis par l'exécution de `tearDown`³.

Le contexte est porté par des variables d'instance de la sous-classe et par la spécialisation de la méthode `setUp` qui initialise ces variables d'instance. Les sous-classes de `TestCase` peuvent aussi surcharger la méthode `tearDown` qui est invoquée après l'exécution de chaque test et qui peut être utilisée pour libérer tous les objets alloués pendant `setUp`.

TestSuite

Les instances de la classe `TestSuite` contiennent une collection de cas de tests. Une instance de `TestSuite` contient des tests et d'autres suites de tests. En fait, une suite de tests contient des instances de sous-classes de `TestCase` et de `TestSuite`. Individuellement, les `TestCases` et les `TestSuites` comprennent le même protocole, ainsi elles peuvent être traitées de la même façon ; par exemple, elles comprennent toutes `run`. Il s'agit en fait de l'application du patron de conception *Composite* pour lequel `TestSuite` est le composite et les

3. En français, démolir.

TestCases sont les feuilles — voir les *Design Patterns* pour plus d'informations sur ce patron⁴.

TestResult

La classe `TestResult` représente les résultats de l'exécution d'un `TestSuite`. Elle mémorise le nombre de tests passés, le nombre de tests en échec et le nombre d'erreurs levées.

TestResource

Une des caractéristiques importantes d'une suite de tests est que les tests doivent être indépendants les uns des autres : l'échec d'un test ne doit pas entraîner l'échec des autres tests qui en dépendent ; l'ordre dans lequel les tests sont exécutés ne doit pas non plus importer. Évaluer `setUp` avant chaque test et `tearDown` après permet de renforcer cette indépendance.

Malgré tout, il y a certains cas pour lesquels la préparation du contexte nécessaire est simplement trop lent pour qu'il soit réalisable de le faire avant l'exécution de chaque test. De plus, si nous savons que les tests n'altèrent pas les ressources qu'ils utilisent, alors il est prohibitif de les initialiser pour chaque test ; il est suffisant de les initialiser une seule fois pour chaque suite de tests. Supposez, par exemple, qu'une suite de tests ait besoin d'interroger une base de données ou d'effectuer certaines analyses sur du code compilé. Pour ces situations, elle est censée initialiser et ouvrir une connexion vers la base de données ou compiler du code source avant l'exécution des tests.

Où pourrions nous conserver ces ressources de façon à ce qu'elles puissent être partagées par les tests d'une suite ? Les variables d'instance d'une sous-classe de `TestCase` particulière ne le pourraient pas parce que ses instances ne subsistent que pendant la durée d'un seul test. Une variable globale ferait l'affaire, mais utiliser trop de variables globales pollue l'espace de nommage et la relation entre la variable globale et les tests qui en dépendent ne serait pas explicite. Une meilleure solution est de placer les ressources nécessaires dans l'objet singleton d'une certaine classe. La classe `TestResource` est définie pour avoir des sous-classes utilisées comme classes de ressource. Chaque sous-classe de `TestResource` comprend le message `current` qui retournera son instance singleton. Les méthodes `setUp` et `tearDown` doivent être surchargées dans la sous-classe pour permettre à la ressource d'être initialisée et libérée.

Une chose demeure : d'une certaine façon, SUnit doit être informé de quelles ressources sont associées avec quelle suite de tests. Une ressource est associée à une sous-classe particulière de `TestCase` par la surcharge de

4. Erich Gamma *et al.*, *Design Patterns : Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Reading, Mass.: Addison Wesley, 1995, ISBN 0-201-63361-2-(3).

la méthode de *classe resources*. Par défaut, les ressources d'un TestSuite sont constituées par l'union des ressources des TestCases qu'il contient.

Voici un exemple. Nous définissons une sous-classe de TestResource nommée MyTestResource et nous l'associons à MyTestCase en spécialisant la méthode de classe resources de sorte qu'elle retourne un tableau contenant les classes de test qu'il utilisera.

Classe 7.8 – Un exemple de sous-classe de TestResource

```
TestResource subclass: #MyTestResource
instanceVariableNames: ""

MyTestCase class»resources
"associe la ressource avec cette classe de test"
↑{ MyTestResource }
```

7.7 Caractéristiques avancées de SUnit

En plus de TestResource, la version courante de SUnit dispose de la description des assertions avec des chaînes, d'une gestion des traces et de la reprise sur un test en échec (cette dernière faisant appel aux méthodes avec terme anglophone *resumable*).

Description des assertions avec des chaînes de caractères

Le protocole des assertions de TestCase comprend un certain nombre de méthodes permettant au programmeur de fournir une description de l'assertion. La description est une chaîne de caractères ; si le test échoue, cette chaîne est affichée par l'exécuteur de tests. Bien sûr, cette chaîne peut être construite dynamiquement.

```
| e |
e := 42.
self assert: e = 23
description: 'attendu 23, obtenu ', e printString
```

Les méthodes correspondantes de TestCase sont :

```
#assert:description:
#deny:description:
#should:description:
#shouldnt:description:
```

Gestion des traces

Les chaînes descriptives présentées précédemment peuvent aussi être tracées dans un flux de données Stream tel que le Transcript ou un flux associé à un fichier. Vous pouvez choisir de tracer ou non en surchargeant TestCase» isLogging dans votre classe de test ; vous devez aussi choisir dans quoi tracer en surchargeant TestCase»failureLog de façon à fournir un *stream* approprié.

Continuer après un échec

SUnit nous permet aussi d'indiquer si un test doit ou non continuer après un échec. Il s'agit d'une possibilité vraiment puissante qui utilise les mécanismes d'exception offerts par Smalltalk. Pour comprendre dans quel cas l'utiliser, voyons un exemple. Observez l'expression de test suivante :

```
aCollection do: [ :each | self assert: each even]
```

Dans ce cas, dès que le test trouve le premier élément de la collection qui n'est pas pair (en anglais, even), le test s'arrête. Pourtant, habituellement, nous voudrions bien continuer et voir aussi quels éléments (et donc combien) ne sont pas pairs (*c-à-d.* ne répondent pas à even) et peut-être aussi tracer cette information. Vous pouvez le faire de la façon suivante :

```
aCollection do:
  [:each |
  self
    assert: each even
    description: each printString , ' n"est pas pair'
    resumable: true]
```

Pour chaque élément en échec, un message sera affiché dans le flux des traces. Les échecs ne sont pas cumulés, *c-à-d.* si l'assertion échoue 10 fois dans la méthode de test, vous ne verrez qu'un seul échec. Toutes les autres méthodes d'assertion que nous avons vues ne permettent pas la reprise ; assert: p description: s est équivalente à assert: p description: s resumable: false.

7.8 La mise en œuvre de SUnit

La mise en œuvre de SUnit constitue un cas d'étude intéressant de framework Smalltalk. Étudions quelques aspects clés de la mise en œuvre en suivant l'exécution d'un test.

Exécuter un test

Pour exécuter un test, nous évaluons l'expression (aTestClass selector: aSymbol) run.

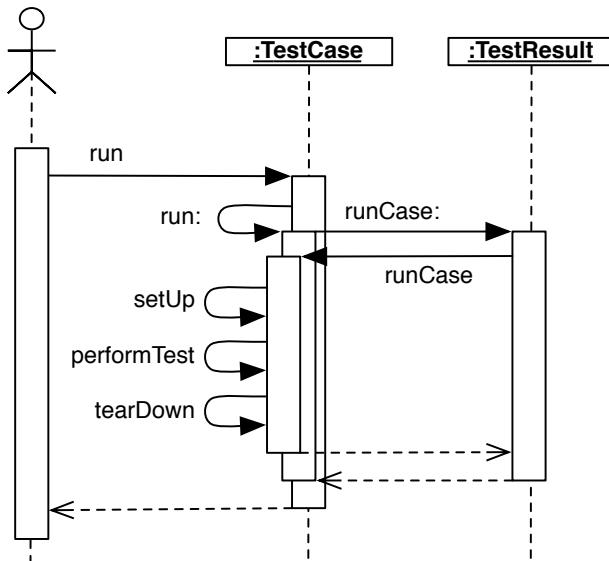


FIGURE 7.4 – Exécuter un test.

La méthode TestCase»run crée une instance de TestResult qui collectera les résultats des tests ; ensuite, elle s'envoie le message run: (voir la figure 7.4).

Méthode 7.9 – Exécuter un cas de test

```

TestCase»run
| result |
result := TestResult new.
self run: result.
^result
  
```

La méthode TestCase»run: envoie le message runCase: au résultat de test de classe TestResult :

Méthode 7.10 – Passage du cas de test au TestResult

```

TestCase»run: aResult
aResult runCase: self
  
```

La méthode TestResult»runCase: envoie le message runCase à un seul test pour l'exécuter. TestResult»runCase s'arrange avec toute exception qui pourrait être

levée pendant l'exécution d'un test, évalue un TestCase en lui envoyant le message runCase et compte les erreurs, les échecs et les passes.

Méthode 7.11 – Capture des erreurs et des échecs de test

```
TestResult»runCase: aTestCase
| testCasePassed |
testCasePassed := true.
[[aTestCase runCase]
on: self class failure
do:
[:signal |
failures add: aTestCase.
testCasePassed := false.
signal return: false]]
on: self class error
do:
[:signal |
errors add: aTestCase.
testCasePassed := false.
signal return: false].
testCasePassed ifTrue: [passed add: aTestCase]
```

La méthode TestCase»runCase envoie les messages setUp et tearDown comme montré ci-dessous.

Méthode 7.12 – Modèle de méthode de test

```
TestCase»runCase
[self setUp.
self performTest] ensure: [self tearDown]
```

Exécuter un TestSuite

Pour exécuter plus d'un test, nous envoyons le message run à un TestSuite qui contient les tests adéquats. TestCase class procure des fonctionnalités lui permettant de construire une suite de tests. L'expression MyTestCase buildSuiteFromSelectors retourne une suite contenant tous les tests définis dans la classe MyTestCase. Le cœur de ce processus est :

Méthode 7.13 – Auto-construction de la suite de test

```
TestCase»testSelectors
↑self selectors asSortedCollection asOrderedCollection select: [:each |
('test*' match: each) and: [each numArgs isZero]]
```

La méthode TestSuite»run crée une instance de TestResult, vérifie que toutes les ressources sont disponibles avec areAllResourcesAvailable puis envoie elle-

même le message run: qui exécute tous les tests de la suite. Toutes les ressources sont alors libérées.

Méthode 7.14 – Exécuter une suite de tests

```
TestSuite»run
| result |
self resources do: [:res |
  res isAvailable ifFalse: [↑res signalInitializationError].
  [self run: result] ensure: [self resources do: [:each | each reset]].
  ↑result
```

Méthode 7.15 – Passage de la suite de tests au TestResult

```
TestSuite»run: aResult
self tests do: [:each |
  self changed: each.
  each run: aResult]
```

La classe TestResource et ses sous-classes conservent la trace de leurs instances en cours (une par classe) pouvant être accédées et créées en utilisant la méthode de classe current. Cette instance est nettoyée quand les tests ont fini de s'exécuter et que les ressources sont libérées.

Comme le montre la méthode de classe TestResource class»isAvailable (en anglais, *est-disponible*), le contrôle de la disponibilité de la ressource permet de la recréer en cas de besoin. Pendant sa création, l'instance de TestResource est initialisée et la méthode setUp est invoquée.

Méthode 7.16 – Disponibilité de la ressource de test

```
TestResource class»isAvailable
↑self current notNil and: [self current isAvailable]
```

Méthode 7.17 – Création de la ressource de test

```
TestResource class»current
current isNil ifTrue: [current := self new].
↑current
```

Méthode 7.18 – Initialisation de la ressource de test

```
TestResource»initialize
super initialize.
self setUp
```

7.9 Quelques conseils sur les tests

Bien que les mécanismes de tests soient simples, il n'est pas toujours facile d'en écrire de bons. Voici quelques conseils pour leur conception.

Les règles de Feathers. Michael Feathers, un auteur et consultant en processus agile écrit⁵ :

Un test n'est pas un test unitaire si :

- il communique avec une base de données,*
- il communique au travers du réseau,*
- il modifie le système de fichiers,*
- il ne peut pas s'exécuter en même temps qu'un autre de vos tests unitaires ou*
- vous devez préparer votre environnement de façon particulière pour l'exécuter (comme éditer un fichier de configuration).*

Des tests qui s'exécutent ainsi ne sont pas mauvais. Souvent ils valent la peine d'être écrits et ils peuvent être développés au sein d'un environnement de tests. Cependant, il est important de pouvoir les séparer des vrais tests unitaires de façon à ce qu'il soit possible de maintenir un ensemble de tests que nous pouvons exécuter rapidement à chaque fois que nous apportons nos modifications.

Ne vous placez jamais dans une situation où vous ne voulez pas lancer votre suite de tests unitaires parce que cela prend trop de temps.

Tests unitaires contre tests d'acceptation. Des tests unitaires capturent une partie de la fonctionnalité et, comme tels, permettent de faciliter l'identification des bugs de cette fonctionnalité. Essayez d'avoir, autant que possible, des tests unitaires pour chaque méthode pouvant potentiellement poser problème et regroupez-les par classe. Cependant, pour des situations profondément récursives ou complexes à installer, il est plus facile d'écrire des tests qui représentent un scénario cohérent pour l'application visée ; ce sont des tests d'acceptation ou tests fonctionnels. Des tests qui violent les principes de Feathers peuvent faire de bons tests d'acceptation. Grouvez les tests d'acceptation en cohérence avec la fonctionnalité qu'ils testent. Par exemple, si vous écrivez un compilateur, vous pourriez écrire des tests d'acceptation avec des assertions qui concernent le code généré pour chaque instruction utilisable du langage source. De tels tests pourraient concerner beaucoup de classes et pourraient prendre beaucoup de temps pour s'exécuter parce qu'ils modifient le système de fichiers. Vous pouvez les écrire avec SUnit, mais vous ne voudriez pas les exécuter à chaque modification mineure, ainsi ils doivent être séparés des vrais tests unitaires.

5. Voir <http://www.artima.com/weblogs/viewpost.jsp?thread=126923> – 9 Septembre 2005.

Les règles de Black. Pour tout les tests du système, vous devriez être en mesure d'identifier une propriété pour laquelle le test renforce votre confiance. Il est évident qu'il ne devrait pas y avoir de propriété importante que vous ne testez pas. Cette règle établit le fait moins évident qu'il ne devrait pas y avoir de tests sans valeur ajoutée de nature à accroître votre confiance envers une propriété utile. Par exemple, il n'est pas bon d'avoir plusieurs tests pour la même propriété. En fait, c'est nuisible : ils rendent la compréhension de la classe plus difficile à déduire à la lecture des tests et un bug dans le code est susceptible de casser beaucoup de tests en même temps. Ne pensez qu'à une seule propriété quand vous écrivez un test.

7.10 Résumé du chapitre

Ce chapitre a expliqué en quoi les tests constituent un investissement important pour le futur de votre code. Nous avons expliqué, étape par étape, comment spécifier quelques tests pour la classe Set. Ensuite, nous avons décrit simplement le cœur de l'environnement SUnit en présentant les classes TestCase, TestResult, TestSuite et TestResources. Finalement, nous avons détaillé SUnit en suivant l'exécution d'un test et d'une suite de tests.

- Pour maximiser leur potentiel, des tests unitaires devraient être rapides, réitérables, indépendants d'une intervention humaine et couvrir une seule partie de fonctionnalité.
- Les tests pour la classe nommée MyClass sont dans la classe nommée MyClassTest qui devrait être implantée comme une sous-classe de TestCase.
- Initialisez vos données de test dans une méthode setUp.
- Chaque méthode de test devrait commencer par le mot "test".
- Utilisez les méthodes de TestCase comme assert:, deny: et autres, pour établir vos assertions.
- Exécutez les tests en utilisant l'exécuteur de tests SUnit (dans l'onglet Tools).

Chapitre 8

Les classes de base

Une grande partie de la magie de Smalltalk ne réside pas dans son langage mais dans ses bibliothèques de classes. Pour programmer efficacement en Smalltalk, vous devez apprendre comment les bibliothèques de classes servent le langage et l'environnement. Les bibliothèques de classes sont entièrement écrites en Smalltalk et peuvent facilement être étendues, puisqu'un paquetage peut ajouter une nouvelle fonctionnalité à une classe même s'il ne définit pas cette classe.

Notre but ici n'est pas de présenter en détail l'intégralité des bibliothèques de classes de Pharo, mais plutôt d'indiquer quelles classes et méthodes clés vous devrez utiliser ou surcharger pour programmer efficacement. Ce chapitre couvre les classes de base qui vous seront utiles dans la plupart de vos applications : Object, Number et ses sous-classes, Character, String, Symbol et Boolean.

8.1 Object

Dans tous les cas, Object est la racine de la hiérarchie d'héritage. En réalité, dans Pharo, la vraie racine de la hiérarchie est ProtoObject qui est utilisée pour définir les entités minimales qui se font passer pour des objets, mais nous pouvons ignorer ce point pour l'instant.

La classe Object peut être trouvée dans la catégorie *Kernel-Objects*. Étonnamment, nous y trouvons plus de 400 méthodes (avec les extensions). En d'autres termes, toutes les classes que vous définirez seront automatiquement munies de ces 400 méthodes, que vous sachiez ou non ce qu'elles font. Notez que certaines de ces méthodes devraient être supprimées et que dans les nouvelles versions de Pharo certaines méthodes superflues pourraient l'être.

Le commentaire de la classe Object indique :

Object est la classe racine de la plupart des autres classes dans la hiérarchie des classes. Les exceptions sont ProtoObject (super-classe de Object) et ses sous-classes. La classe Object fournit le comportement par défaut, commun à tous les objets classiques, comme l'accès, la copie, la comparaison, le traitement des erreurs, l'envoi de messages et la réflexion. Les messages utiles auxquels tous les objets devraient répondre sont également définis ici. Object n'a pas de variable d'instance, aucune ne devrait être créée. Ceci est dû aux nombreuses classes d'objets qui héritent de Object et qui ont des implémentations particulières (SmallInteger et UndefinedObject par exemple) ou à certaines classes standards que la VM connaît et pour lesquelles leur structure et leur organisation sont importantes.

Si nous naviguons dans les catégories des méthodes d'instance de Object, nous commençons à voir quelques-uns des comportements-clé qu'elle offre.

Impression

Tout objet en Smalltalk peut renvoyer une forme imprimée de lui-même. Vous pouvez sélectionner n'importe quelle expression dans un Workspace et sélectionner le menu **print it** : ceci exécute l'expression et demande à l'objet renvoyé de s'imprimer. En réalité le message `printString` est envoyé à l'objet retourné. La méthode `printString`, qui est une méthode générique, envoie le message `printOn:` à son receveur. Le message `printOn:` est un point d'entrée qui peut être spécialisé.

`Object»printOn:` est une des méthodes que vous surchargerez le plus souvent. Cette méthode prend comme argument un flux (Stream) dans lequel une représentation en chaîne de caractères (String) de l'objet sera écrite. L'implémentation par défaut écrit simplement le nom de la classe précédée par "a" ou "an". `Object»printString` retourne la chaîne de caractères (String) qui est écrite.

Par exemple, la classe `Browser` ne redéfinit pas la méthode `printOn:` et, envoier le message `printString` à une de ces instances exécute les méthodes définies dans `Object`.

```
Browser new printString —> 'a Browser'
```

La classe `Color` montre un exemple de spécialisation de `printOn:`. Elle imprime le nom de la classe suivi par le nom de la méthode de classe utilisée pour générer cette couleur, comme le montre le code ci-dessous qui imprime une instance de cette classe.

Méthode 8.1 – Redéfinir `printOn:`

```
Color»printOn: aStream
| name |
```

```
(name := self name) ifNotNil:
  [ ↑ aStream
    nextPutAll: 'Color ';
    nextPutAll: name ].  
self storeOn: aStream
```

Color red printString → 'Color red'

Notez que le message `printOn:` n'est pas le même que `storeOn:`. Le message `storeOn:` ajoute au flux passé en argument une expression pouvant être utilisée pour recréer le receveur. Cette expression est évaluée quand le flux est lu avec le message `readFrom::`. `printOn:` retourne simplement une version textuelle du receveur. Bien sûr, il peut arriver que cette représentation textuelle puisse représenter le receveur sous la forme d'une expression auto-évaluée.

Un mot à propos de la représentation et de la représentation auto-évaluée. En programmation fonctionnelle, les expressions retournent des valeurs quand elles sont évaluées. En Smalltalk, les messages (expressions) retournent des objets (valeurs). Certains objets ont la propriété sympathique d'être eux-mêmes leur propre valeur. Par exemple, la valeur de l'objet `true` est lui-même, *c-à-d.* `l'objet true`. Nous appelons de tels objets des *objets auto-évalués*. Vous pouvez voir une version *imprimée* de la valeur d'un objet quand vous imprimez l'objet dans un Workspace. Voici quelques exemples de telles expressions auto-évaluées.

```
true      →  true
3@4      →  3@4
$a       →  $a
#(1 2 3) →  #(1 2 3)
Color red →  Color red
```

Notez que certains objets comme les tableaux sont auto-évalués ou non suivant les objets qu'ils contiennent. Par exemple, un tableau de booléens est auto-évalué alors qu'un tableau de personnes ne l'est pas. L'exemple suivant montre qu'un tableau dynamique est auto-évalué seulement si ses éléments le sont :

```
{10@10. 100@100}   →  {10@10. 100@100}
{Browser new . 100@100} →  an Array(a Browser 100@100)
```

Rappelez-vous que les tableaux littéraux ne peuvent contenir que des littéraux. Ainsi le tableau suivant ne contient pas deux éléments mais six éléments littéraux.

```
#(10@10 100@100) → #(10 #@ 10 100 #@ 100)
```

Beaucoup de spécialisations de la méthode printOn: implémentent le comportement d'auto-évaluation. Les implementations de Point>printOn: et Interval>printOn: sont auto-évaluées.

Méthode 8.2 – Auto-évaluation de Point

```
Point>printOn: aStream
    "The receiver prints on aStream in terms of infix notation."
    x printOn: aStream.
    aStream nextPut: $@.
    y printOn: aStream
```

Le commentaire de cette méthode dit que le receveur imprime sur le flux aStream avec une insertion dans la notation.

Méthode 8.3 – Auto-évaluation de Interval

```
Interval>printOn: aStream
    aStream nextPut: $:;
    print: start;
    nextPutAll: ' to: ';
    print: stop.
    step ~= 1 ifTrue: [aStream nextPutAll: ' by: ' print: step].
    aStream nextPut: $)
```

1 to: 10 → (1 to: 10) "les intervalles sont auto-évalués"

Identité et égalité

En Smalltalk, le message = teste l'*égalité* d'objets (*c-à-d.* si deux objets représentent la même valeur) alors que == teste l'*identité* (*c-à-d.* si deux expressions représentent le même objet).

L'implémentation par défaut de l'égalité entre objets teste l'identité d'objets :

Méthode 8.4 – Égalité par défaut

```
Object>= anObject
    "Answer whether the receiver and the argument represent the same object.
    If = is redefined in any subclass, consider also redefining the message hash."
    ↑ self == anObject
```

C'est une méthode que vous voudrez souvent surcharger. Considérez le cas de la classe des nombres complexes Complex :

```
(1 + 2 i) = (1 + 2 i) → true "même valeur"
(1 + 2 i) == (1 + 2 i) → false "mais objets différents"
```

Ceci fonctionne parce que Complex surcharge = comme suit :

Méthode 8.5 – Égalité des nombres complexes

```
Complex»= anObject
anObject isComplex
ifTrue: [↑ (real = anObject real) & (imaginary = anObject imaginary)]
ifFalse: [↑ anObject adaptToComplex: self andSend: #=]
```

L'implémentation par défaut de Object»~= renvoie simplement l'inverse de Object»= et ne devrait normalement pas être modifiée.

```
(1 + 2 i) ~= (1 + 4 i) → true
```

Si vous surchargez `=`, vous devriez envisager de surcharger `hash`. Si des instances de votre classe sont utilisées comme clés dans un dictionnaire (Dictionary), vous devrez alors vous assurer que les instances qui sont considérées égales ont la même valeur de hachage (hash) :

Méthode 8.6 – hash doit être ré-implémentée pour les nombres complexes

```
Complex>hash
"Hash is reimplemented because = is implemented."
↑ real hash bitXor: imaginary hash.
```

Alors que vous devez surcharger à la fois `=` et `hash`, vous ne devriez *jamais* surcharger `==` puisque la sémantique de l'identité d'objets est la même pour toutes les classes. `==` est une méthode primitive de ProtoObject.

Notez que Pharo a certains comportements étranges comparé à d'autres Smalltalks : par exemple, un symbole et une chaîne de caractères peuvent être égaux si la chaîne de caractères associée au symbole est égale à la chaîne de caractères (nous considérons ce comportement comme un bug, pas comme une fonctionnalité).

```
#'lulu' = 'lulu' → true
'lulu' = #'lulu' → true
```

Appartenance à une classe

Plusieurs méthodes vous permettent de connaître la classe d'un objet.

class Vous pouvez demander à tout objet sa classe en utilisant le message `class`.

```
1 class → SmallInteger
```

Inversement, vous pouvez demander si un objet est une instance (`isMemberOf:`) d'une classe spécifique :

```

1 isMemberOf: SmallInteger → true "doit être précisément cette classe"
1 isMemberOf: Integer → false
1 isMemberOf: Number → false
1 isMemberOf: Object → false

```

Puisque Smalltalk est écrit en lui-même, vous pouvez vraiment naviguer au travers de sa structure en utilisant la bonne combinaison de messages superclass et class (voir le chapitre 12).

isKindOf: Object»isKindOf: répond true si la classe du receveur est la même ou une des sous-classes de la classe de l'argument.

```

1 isKindOf: SmallInteger → true
1 isKindOf: Integer → true
1 isKindOf: Number → true
1 isKindOf: Object → true
1 isKindOf: String → false

1/3 isKindOf: Number → true
1/3 isKindOf: Integer → false

```

1/3, qui est une Fraction, est aussi une sorte de nombre (Number), puisque la classe Number est une super-classe de la classe Fraction, mais 1/3 n'est pas un entier (Integer).

respondsTo: Object»respectsTo: répond true si le receveur comprend le message dont le sélecteur est passé en argument.

```
1 respectsTo: #, → false
```

C'est normalement une mauvaise idée de demander sa classe à un objet ou de lui demander quels messages il comprend. Au lieu de prendre des décisions basées sur la classe d'un objet, vous devriez simplement envoyer un message à cet objet et le laisser décider (*c-à-d.* sur la base de sa classe) comment il doit se comporter.

Copie

Copier des objets introduit quelques problèmes subtils. Puisque les variables d'instance sont accessibles par référence, une *copie superficielle*, les références portées par les variables d'instance devraient être partagées entre l'objet produit par la copie et l'objet original :

```

a1 := { { 'harry' } }.
a1 → #(#{'harry'})

```

```
a2 := a1 shallowCopy.
a2 → #( #'( 'harry' ))
(a1 at: 1) at: 1 put: 'sally'.
a1 → #( #'( 'sally' ))
a2 → #( #'( 'sally' )) "le tableau contenu est partagé"
```

Object»shallowCopy est une méthode primitive qui crée une copie superficielle d'un objet. Puisque a2 est seulement une copie superficielle de a1, les deux tableaux partagent une référence au tableau (Array) qu'ils contiennent.

Object»shallowCopy est une "interface publique" pour Object»copy et devrait être surchargée si les instances sont uniques. C'est le cas, par exemple, avec les classes Boolean, Character, SmallInteger, Symbol et UndefinedObject.

Object»copyTwoLevel est utilisée quand une simple copie superficielle ne suffit pas :

```
a1 := { { 'harry' } } .
a2 := a1 copyTwoLevel.
(a1 at: 1) at: 1 put: 'sally'.
a1 → #( #'( 'sally' ))
a2 → #( #'( 'harry' )) "état complètement indépendant"
```

Object»deepCopy effectue une copie profonde et arbitraire d'un objet.

```
a1 := { { { 'harry' } } } .
a2 := a1 deepCopy.
(a1 at: 1) at: 1 put: 'sally'.
a1 → #( #'( 'sally' ))
a2 → #( #'( #'( 'harry' )))
```

Le problème avec deepCopy est qu'elle ne se termine pas si elle est appliquée à une structure mutuellement récursive :

```
a1 := { 'harry' }.
a2 := { a1 }.
a1 at: 1 put: a2.
a1 deepCopy → ... ne se termine jamais
```

Même s'il est possible de surcharger deepCopy pour qu'elle fonctionne mieux, Object»copy offre une meilleure solution :

Méthode 8.7 – Modèle de méthode pour la copie d'objets

Object»copy

"Answer another instance just like the receiver."

Subclasses typically override postCopy;

they typically do not override shallowCopy."

↑self shallowCopy postCopy

Comme le dit le commentaire de la méthode, vous pouvez surcharger `postCopy` pour copier une variable d'instance qui ne devrait pas être partagée. `postCopy` doit toujours exécuter super `postCopy`.

Débogage

La méthode la plus importante ici est `halt`. Pour placer un point d'arrêt dans une méthode, il suffit d'insérer l'envoi de message `self halt` à une certaine position dans le corps de la méthode. Quand ce message est envoyé, l'exécution est interrompue et un débogueur s'ouvre à cet endroit de votre programme (voir le chapitre 6 pour plus de détails sur le débogueur).

Un autre message important est `assert:`, qui prend un bloc comme argument. Si le bloc renvoie `true`, l'exécution se poursuit. Autrement une exception sera levée. Si cette exception n'est pas interceptée, le débogueur s'ouvrira à ce point pendant l'exécution. `assert:` est particulièrement utile pour la *programmation par contrat*. L'utilisation la plus typique consiste à vérifier des pré-conditions non triviales pour des méthodes publiques. `Stack»pop` (`Stack` est la classe des piles) aurait pu aisément été implementée de la façon suivante (en commentaire de la méthode : "renvoie le premier élément et l'enlève de la pile") :

Méthode 8.8 – Vérifier une pré-condition

`Stack»pop`

"Return the first element and remove it from the stack."

`self assert: [self isEmpty not].`

`↑self linkedList removeFirst element`

Il ne faut pas confondre `Object»assert:` avec `TestCase»assert:`, méthode de l'environnement de test SUnit (voir le chapitre 7). Alors que la première attend un bloc en argument¹, la deuxième attend un Boolean. Même si les deux sont utiles pour déboguer, elles ont chacune un but très différent.

Gestion des erreurs

Ce protocole contient plusieurs méthodes utiles pour signaler les erreurs d'exécution.

Envoyer `self deprecated: unChaineExplicative` indique que la méthode courante ne devrait plus être utilisée si le paramètre `deprecation` a été activé dans le protocole `debug` du navigateur des préférences (Preference Browser). L'argument `String` devrait proposer une alternative.

`1 dolfNotNil: [:arg | arg printString, ' n'est pas nil']`

1. En fait, elle peut prendre n'importe quel argument qui comprend `value`, dont un Boolean.

—> *SmallInteger(Object)»dolIfNotNil : has been deprecated. use ifNotNilDo :*

L'impression via `printIt` de la méthode précédente répond que l'usage de la méthode `dolIfNotNil`: a été considéré comme désapprouvé (en anglais, *deprecated*; *deprecation* signifiant désapprobation). Il est dit que nous devons plutôt utiliser `ifNotNilDo:`.

`doesNotUnderstand:` est envoyé à chaque fois que la recherche d'un message échoue. L'implémentation par défaut, *c-à-d.* `Object»doesNotUnderstand:` déclenchera l'ouverture d'un débogueur à cet endroit. Il peut être utile de surcharger `doesNotUnderstand:` pour introduire un autre comportement.

`Object»error` et `Object»error:` sont des méthodes génériques qui peuvent être utilisées pour lever des exceptions (il est généralement préférable de lever vos propres exceptions, pour que vous puissiez distinguer les erreurs levées par votre code de celles levées par les classes du système).

Les méthodes abstraites en Smalltalk sont implémentées par convention avec le corps `self subclassResponsibility`. Si une classe abstraite est instanciée par accident, alors l'appel à une méthode abstraite provoquera l'évaluation de `Object»subclassResponsibility`.

Méthode 8.9 – Indiquer qu'une méthode est abstraite

`Object»subclassNameResponsibility`

"This message sets up a framework for the behavior of the class' subclasses.

Announce that the subclass should have implemented this message."

`self error: 'My subclass should have overridden ', thisContext sender selector`

`printString`

Son commentaire dit que "ce message installe un cadre pour le comportement des sous-classes de la classe. Il affirme que la sous-classe devrait avoir implémenté ce message". La phrase-argument de l'envoi du message d'erreur `error:` vous prévient que la méthode devra être surchargée dans une sous-classe concrète.

Magnitude, Number et Boolean sont des exemples classiques de classes abstraites que nous verrons rapidement dans ce chapitre.

`Number new + 1` —> Error : My subclass should have overridden #+

`self shouldNotImplement` est envoyée par convention pour signaler qu'une méthode héritée est inappropriée pour cette sous-classe. C'est généralement le signe que quelque chose ne va pas dans la conception de la hiérarchie de classes. À cause des limitations de l'héritage simple, malgré tout, il est des fois très difficile d'éviter de telles solutions.

Un exemple classique est la méthode `Collection»remove:` qui est héritée de `Dictionary` mais marquée comme non implémentée (`Dictionary` fournit la méthode `removeKey:` à la place).

Test

Les méthodes de *test* n'ont aucun rapport avec SUnit ! Une méthode de test vous permet de poser une question sur l'état du receveur et retourne un booléen (Boolean).

De nombreuses méthodes de test sont fournies par Object. Nous avons déjà vu `isComplex`. Il existe également `isArray`, `isBoolean`, `isBlock`, `isCollection`, parmi d'autres. Généralement ces méthodes sont à éviter car demander sa classe à un objet est une forme de violation de l'encapsulation. Au lieu de tester la classe d'un objet, nous devrions simplement envoyer un message et laisser l'objet décider de sa propre réaction.

Cependant certaines de ces méthodes de test sont indéniablement utiles. Les plus utiles sont probablement `ProtoObject»isNil` et `Object»notNil` (bien que le patron de conception Null Object² permet d'éviter le besoin de ces méthodes également).

Initialisation

`initialize` est une méthode-clé qui ne se trouve pas dans Object mais dans ProtoObject. Comme le texte de commentaire de la méthode l'indique, vos sous-classes devront redéfinir cette méthode pour faire des initialisations dans la phase de création d'instance.

Méthode 8.10 – *La méthode générique initialize*

`ProtoObject»initialize`

"Subclasses should redefine this method to perform initializations on instance creation"

Ceci est important parce que, dans Pharo, la méthode `new`, définie pour chaque classe du système, envoie `initialize` aux instances nouvellement créées.

Méthode 8.11 – *Modèle pour la méthode de classe new*. Le commentaire dit : "Répond une nouvelle instance initialisée du receveur (qui est une classe) sans aucune variables indexées. Échoue si la classe est indexée"

`Behavior»new`

"Answer a new initialized instance of the receiver (which is a class) with no indexable variables. Fail if the class is indexable."

\uparrow `self basicNew initialize`

Ceci signifie qu'en surchargeant simplement la méthode générique `initialize`, les nouvelles instances de votre classe seront automatiquement initialisées. La méthode `initialize` devrait normalement exécuter `super initialize` pour établir

2. Bobby Woolf, Null Object. dans Robert Martin, Dirk Riehle et Frank Buschmann (éd.), Pattern Languages of Program Design 3. Addison Wesley, 1998.

les invariants de la classe pour toutes les variables d'instance héritées. Notons que ceci n'est *pas* le comportement standard dans les autres Smalltalks.

8.2 Les nombres

Il faut remarquer que les nombres en Smalltalk ne sont pas des données primitives mais de vrais objets. Bien sûr les nombres sont implémentés efficacement dans la machine virtuelle, mais la hiérarchie de la classe Number est aussi accessible et extensible que n'importe quelle autre portion de la hiérarchie de classe de Smalltalk.

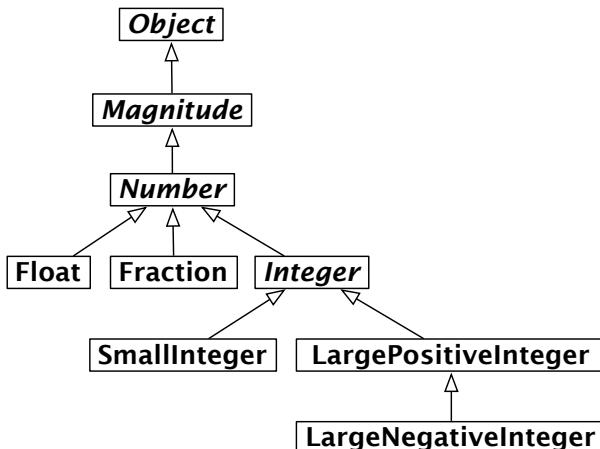


FIGURE 8.1 – La hiérarchie de la classe Number.

On trouve les nombres dans la catégorie *Kernel-Numbers*. La racine abstraite de cette catégorie est Magnitude, qui représente toutes les sortes de classes qui supportent les opérateurs de comparaison. La classe Number ajoute plusieurs opérateurs arithmétiques et autres, principalement des méthodes abstraites. Float et Fraction représentent, respectivement, les nombres à virgule flottante et les valeurs fractionnaires. Integer est également une classe abstraite et contient trois sous-classes SmallInteger, LargePositiveInteger et LargeNegativeInteger. Le plus souvent les utilisateurs n'ont pas à connaître la différence entre les trois classes d'entiers, car les valeurs sont automatiquement converties si besoin est.

Magnitude

Magnitude n'est pas seulement la classe parente des classes de nombres, mais également des autres classes supportant les opérateurs de comparaison,

comme Character, Duration et Timespan (les nombres complexes (classe Complex) ne sont pas comparables et n'héritent pas de la classe Number).

Les méthodes < et = sont abstraites. Les autres opérateurs sont définis de manière générique. Par exemple :

Méthode 8.12 – Méthodes de comparaison abstraites

`Magnitude» < aMagnitude`

"Answer whether the receiver is less than the argument."

\uparrow self subclassResponsibility

`Magnitude» > aMagnitude`

"Answer whether the receiver is greater than the argument."

\uparrow aMagnitude < self

Number

De la même manière, la classe Number définit +, -, * et / comme des méthodes abstraites, mais tous les autres opérateurs arithmétiques sont définis de manière générique.

Tous les nombres supportent plusieurs opérateurs de *conversion*, comme `asFloat` et `asInteger`. Il existe également des *constructeurs* numériques, comme `i`, qui convertit une instance de Number en une instance de Complex avec une partie réelle nulle, ainsi que d'autres méthodes qui génèrent des durées, instances de Duration, comme `hour`, `day` et `week` (respectivement : heure, jour et semaine).

Les nombres supportent directement les *fonctions mathématiques* telles que `sin`, `log`, `raiseTo:` (puissance), `squared` (carré), `sqrt` (racine carrée).

`Number»printOn:` utilise la méthode abstraite `Number»printOn:base:` (la base par défaut est 10).

Les méthodes de test comprennent entre autres `even` (pair), `odd` (impair), `positive` (positif) et `negative` (négatif). Logiquement, Number surcharge `isNumber` (test d'appartenance à la hiérarchie de la classe des nombres). Plus intéressant, `isInfinite` (test d'infinité) renvoie `false`.

Les méthodes de *troncature* incluent entre autres, `floor` (arrondi à l'entier inférieur), `ceiling` (arrondi à l'entier supérieur), `integerPart` (partie entière), `fractionPart` (partie après la virgule).

$1 + 2.5$	\longrightarrow	3.5	<i>"Addition de deux nombres"</i>
$3.4 * 5$	\longrightarrow	17.0	<i>"Multiplication de deux nombres"</i>
$8 / 2$	\longrightarrow	4	<i>"Division de deux nombres"</i>
$10 - 8.3$	\longrightarrow	1.7	<i>"Soustraction de deux nombres"</i>
$12 = 11$	\longrightarrow	false	<i>"Égalité entre deux nombres"</i>
$12 \sim= 11$	\longrightarrow	true	<i>"Teste si deux nombres sont différents"</i>

12 > 9	→	true	"Plus grand que"
12 >= 10	→	true	"Plus grand ou égal à"
12 < 10	→	false	"Plus petit que"
100@10	→	100@10	"Création d'un point"

L'exemple suivant fonctionne étonnamment bien en Smalltalk :

```
1000 factorial / 999 factorial → 1000
```

Notons que 1000 factorial est réellement calculée alors que dans beaucoup d'autres langages il peut être difficile de le faire. Ceci est un excellent exemple de conversion automatique et d'une gestion exacte des nombres.

 *Essayez d'afficher le résultat de 1000 factorial. Il faut plus de temps pour l'afficher que pour le calculer !*

Float

Float implémente les méthodes de Number abstraites pour les nombres à virgule flottante.

Plus intéressant, Float class (*c-à-d.* le côté classe de Float) contient des méthodes pour renvoyer les *constantes* : e, infinity (infini), nan (acronyme de *Not A Number c-à-d.* "n'est pas un nombre" : résultat d'un calcul numérique indéterminé) et pi.

Float pi	→	3.141592653589793
Float infinity	→	Infinity
Float infinity isNaN	→	true

Fraction

Les fractions sont représentées par des variables d'instance pour le numérateur et le dénominateur, qui devraient être des entiers. Les fractions sont normalement créées par division d'entiers (plutôt qu'en utilisant le constructeur Fraction»numerator:denominator:) :

```
6/8 → (3/4)
(6/8) class → Fraction
```

Multiplier une fraction par un entier ou par une autre fraction peut renvoyer un entier :

```
6/8 * 4 → 3
```

Integer

`Integer` est le parent abstrait de trois implémentations concrètes d'entiers. En plus de fournir une implémentation concrète de beaucoup de méthodes abstraites de la classe `Number`, il ajoute également quelques méthodes spécifiques aux entiers, telles que `factorial` (fractionnelle), `atRandom` (nombre aléatoire entre 1 et le receveur), `isPrime` (test de nombre premier), `gcd`: (le plus grand dénominateur commun) et beaucoup d'autres.

La classe `SmallInteger` est particulière dans le sens que ses instances sont représentées de manière compacte — au lieu d'être stockées comme référence, une instance de `SmallInteger` est directement représentée en utilisant les bits qui seraient normalement utilisés pour contenir la référence. Le premier bit de la référence à un objet indique si l'objet est une instance de `SmallInteger` ou non.

Les méthodes de classe `minVal` et `maxVal` nous donne la plage de valeurs d'une instance de `SmallInteger` :

```
SmallInteger maxVal = ((2 raisedTo: 30) - 1)      → true
SmallInteger minVal = (2 raisedTo: 30) negated     → true
```

Quand un `SmallInteger` dépasse cette plage de valeurs, il est automatiquement converti en une instance de `LargePositiveInteger` ou de `LargeNegativeInteger`, selon le besoin :

```
(SmallInteger maxVal + 1) class → LargePositiveInteger
(SmallInteger minVal - 1) class → LargeNegativeInteger
```

Les grands entiers sont de la même manière convertis en petits entiers quand il le faut.

Comme dans la plupart des langages de programmation, les entiers peuvent être utiles pour spécifier une itération. Il existe une méthode dédiée `timesRepeat:` pour l'évaluation répétitive d'un bloc. Nous avons déjà vu des exemples similaires dans le chapitre le chapitre 3 :

```
n := 2.
3 timesRepeat: [ n := n*n ].
n → 256
```

8.3 Les caractères

`Character` est définie dans la catégorie *Collections-Strings* comme une sous-classe de `Magnitude`. Les caractères imprimables sont représentés en Pharo par `$(caractère)`. Par exemple :

`$a < $b` → true

Les caractères non imprimables sont générés par différentes méthodes de classe. Character class»value: prend la valeur entière Unicode (ou ASCII) comme argument et renvoie le caractère correspondant. Le protocole *accessing untypeable characters* contient un certain nombre de constructeurs utiles tels que backspace (retour arrière), cr (retour-chariot), escape (échappement), euro (signe €), space (espace), tab (tabulation), parmi d'autres.

Character space = (Character value: Character space asciiValue) → true

La méthode printOn: est assez adroite pour savoir laquelle des trois manières utiliser pour générer les caractères de la façon la plus appropriée :

Character value: 1 → Character home
 Character value: 2 → Character value: 2
 Character value: 32 → Character space
 Character value: 97 → \$a

Il existe plusieurs méthodes de *test* utiles : isAlphaNumeric (si alphanumérique), isCharacter (si caractère), isDigit (si numérique), isLowercase, (si minuscule), isVowel (si voyelle non-accentuée, voir page 64), parmi d'autres.

Pour convertir un caractère en une chaîne de caractères contenant uniquement ce caractère, il faut lui envoyer le message asString. Dans ce cas asString et printString donnent des résultats différents :

\$a asString → 'a'
 \$a → \$a
 \$a printString → '\$a'

Chaque caractère ASCII est une instance unique, stockée dans la variable de classe CharacterTable :

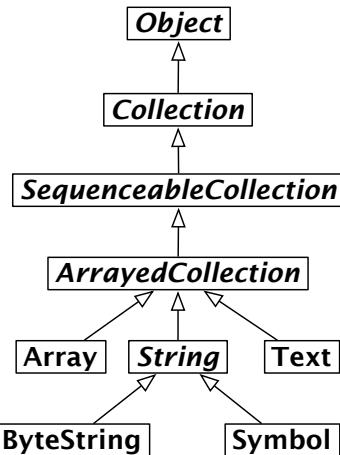
(Character value: 97) == \$a → true

Cependant, les caractères au delà de la plage 0 à 255 ne sont pas uniques :

Character characterTable size → 256
 (Character value: 500) == (Character value: 500) → false

8.4 Les chaînes de caractères

La classe String est également définie dans la catégorie *Collections-Strings*. Une chaîne de caractères est une collection indexée contenant uniquement des caractères.



La hiérarchie de `String`.

En fait, `String` est une classe abstraite et les chaînes de caractères de Pharo sont en réalité des instances de la classe concrète `ByteString`.

```
'Bonjour Squeak' class → ByteString
```

Une autre sous-classe importante de `String` est `Symbol`. La différence fondamentale est qu'il n'y a toujours qu'une instance unique de `Symbol` pour une valeur donnée (ceci est quelques fois appelé "la propriété de l'instance unique"). À l'opposé, deux chaînes construites séparément et contenant la même séquence de caractères seront souvent des objets différents.

```
'Sal','ut' == 'Salut' → false
```

```
('Sal','ut') asSymbol == #Salut → true
```

Une autre différence importante est que `String` est modifiable, alors que `Symbol` ne l'est pas.

```
'hello' at: 2 put: $u; yourself → 'hullo'
```

```
#hello at: 2 put: $u → erreur
```

Il est facile d'oublier que, puisque les chaînes de caractères sont des collections, elles comprennent les mêmes messages que les autres collections (ici, la méthode `indexOf:` de `Collections` donne la position du premier caractère rencontré) :

```
#hello indexOf: $o → 5
```

Bien que String n'hérite pas de Magnitude, la classe supporte les méthodes de *comparaison*, *<*, *=*, etc. De plus, String»match: est utile pour les recherches simples d'expressions régulières :

```
'*or*' match: 'zorro' → true
```

Si vous avez besoin d'un meilleur support pour les expressions régulières, vous pouvez jeter un œil sur le paquetage *Regex* de Vassili Bykov.

Les chaînes de caractères supportent un grand nombre de méthodes de conversion. Beaucoup sont des constructeurs-raccourci pour d'autres classes, comme *asDate* (pour créer une date) ou *asFileName* (pour créer un nom de fichier). Il existe également un certain nombre de méthodes utiles pour transformer une chaîne de caractères en une autre, comme *capitalized* (pour capitaliser) et *translateToLowerCase* (pour mettre en minuscule).

Pour plus d'informations sur les chaînes de caractères et les collections, rendez-vous au chapitre 9.

8.5 Les booléens

La classe Boolean offre un aperçu fascinant de la manière dont Smalltalk est construit autour de la bibliothèque de classes. Boolean est la super-classe abstraite des classes singlons (de patron Singleton) : True et False.

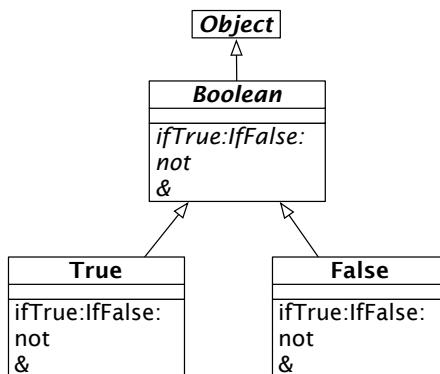


FIGURE 8.2 – La hiérarchie des booléens.

La plupart des comportements des booléens peuvent être compris en regardant la méthode *ifTrue:ifFalse:* (en français, *si vrai: si faux:*), qui prend deux blocs comme arguments.

```
(4 factorial > 20) ifTrue: [ 'plus grand' ] ifFalse: [ 'plus petit' ] → 'plus grand'
```

La méthode est abstraite dans Boolean. Les implémentations dans les sous-classes concrètes sont toutes les deux triviales :

Méthode 8.13 – *Implémentations de ifTrue:ifFalse:*

```
True»ifTrue: trueAlternativeBlock ifFalse: falseAlternativeBlock
```

↑trueAlternativeBlock value

```
False»ifTrue: trueAlternativeBlock ifFalse: falseAlternativeBlock
```

↑falseAlternativeBlock value

En fait, ceci est l'essence même de la programmation orientée objet (POO) : quand un message est envoyé à un objet, l'objet lui-même détermine quelle méthode sera utilisée pour répondre. Dans ce cas, une instance de True évalue simplement l'alternative *vraie*, alors qu'une instance de False évalue l'alternative *fausse*. Toutes les méthodes abstraites de la classe Boolean sont implémentées de cette manière pour True et False. Par exemple :

Méthode 8.14 – *Implémenter la négation*

```
True»not
```

"Negation--answer false since the receiver is true."

↑false

Le commentaire de la méthode not (négation logique) nous informe que la réponse est toujours fausse (false) puisque le receveur est vrai (true, instance de True).

La classe Boolean offre plusieurs méthodes utiles, comme ifTrue:, ifFalse:, ifFalse:ifTrue. Vous avez également le choix entre les conjonctions et disjonctions optimisées ou paresseuses.

```
(1>2) & (3<4)      →  false  "doit évaluer les deux cotés"
```

```
(1>2) and: [ 3<4 ] →  false  "évalue seulement le receveur"
```

```
(1>2) and: [ (1/0) > 0 ] →  false  "le bloc passé en argument n'est jamais évalué,  
ainsi, pas d'exception"
```

Dans le premier exemple, les deux sous-expressions booléennes sont évaluées, puisque & (*et* logique) prend un argument booléen. Dans le second et troisième exemple, uniquement la première est évaluée, car and: (*et* non-évaluant) attend un bloc comme argument. Le bloc est évalué uniquement si le premier argument vaut true.

 *Essayez d'imaginer comment and: et or: (ou non-évaluant) sont implémentés. Vérifiez les implémentations dans Boolean, True et False.*

8.6 Résumé du chapitre

Nous avons vu que :

- si vous surchargez = alors vous devez également surcharger la méthode de hachage, hash ;
- surchargez postCopy pour implémenter correctement la copie de vos objets ;
- envoyez self halt pour créer un point d'arrêt ;
- renvoyez self subclassResponsibility pour faire une méthode abstraite ;
- pour donner la représentation en chaîne de caractères d'un objet String, vous devez surcharger printOn: ;
- surchargez la méthode générique initialize pour instancier correctement vos objets ;
- les méthodes de la classe Number assurent, si nécessaire, les conversions automatiques entre flottants, fractions et entiers ;
- les fractions représentent vraiment des nombres réels plutôt que des nombres à virgule flottante ;
- les caractères sont des instances uniques ;
- les chaînes de caractères sont modifiables mais les symboles ne le sont pas ; cependant faites attention à ne pas modifier les chaînes de caractères littérales !
- ces symboles sont uniques mais les chaînes de caractères ne le sont pas ;
- les chaînes de caractères et les symboles sont des collections et donc, supportent les méthodes usuelles de la classe Collection.

Chapitre 9

Les collections

9.1 Introduction

Les classes de collections forment un groupe de sous-classes de `Collection` et de `Stream` (pour flux de données) faiblement couplées destiné à un usage générique. Ce groupe de classes mentionné dans la bible de Smalltalk nommée “Blue Book”¹ (le fameux livre bleu) comprend 17 sous-classes de `Collection` et 9 issues de la classe `Stream`. Formant un total de 28 classes, elles ont déjà été remodelées maintes fois avant la sortie du système Smalltalk-80. Ce groupe de classes est souvent considéré comme un exemple pragmatique de modélisation orientée objet.

Dans Pharo, les classes abstraites `Collection` et `Stream` disposent respectivement de 100 et de 50 sous-classes mais beaucoup d’entre elles (comme `Bitmap`, `FileStream` et `CompiledMethod`) sont des classes d’usage spécifique définies pour être employées dans d’autres parties du système ou dans des applications et ne sont par conséquent pas organisées dans la catégorie “Collections”. Dans ce chapitre, nous réunirons `Collection` et ses 47 sous-classes *aussi* présentes dans les catégories-système de la forme `Collections-*` sous le terme de “hiérarchie de Collections” et `Stream` et ses 9 sous-classes de la catégorie `Collections-Streams` sous celui de “hiérarchie de Streams”. Ces 56 classes répondent à 976 messages définissant un total de 1600 méthodes !

Dans ce chapitre, nous nous attarderons principalement sur le sous-ensemble de classes de collections montré sur la figure 9.1. Les flux de données ou *streams* seront abordés séparément dans le chapitre 10.

1. Adele Goldberg et David Robson, *Smalltalk 80 : the Language and its Implementation*. Reading, Mass.: Addison Wesley, mai 1983, ISBN 0-201-13688-0.

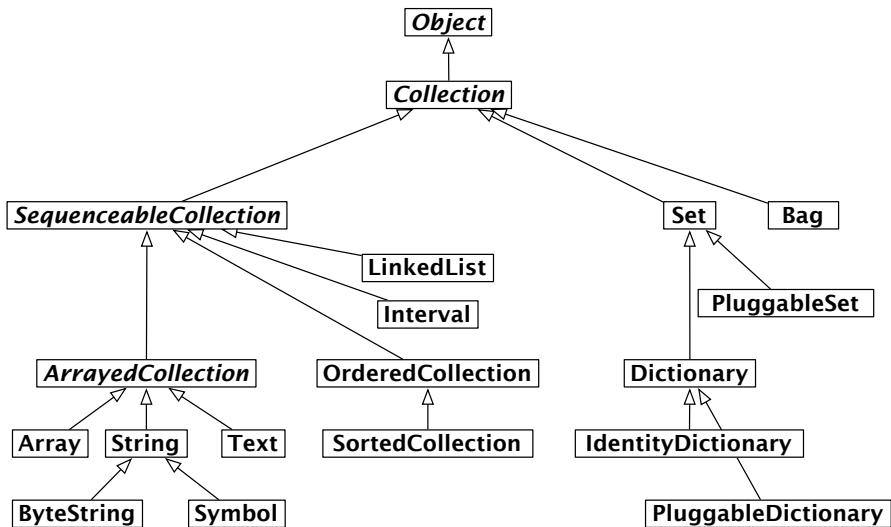


FIGURE 9.1 – Certaines des classes majeures de collection de Pharo.

9.2 Des collections très variées

Pour faire bon usage des classes de collections, le lecteur devra connaître au moins superficiellement l'immense variété de collections que celles-ci implémentent ainsi que leurs similitudes et leurs différences.

Programmer avec des collections plutôt qu'avec des éléments indépendants est une étape importante pour accroître le degré d'abstraction d'un programme. La fonction `map` dans le langage Lisp est un exemple primaire de cette technique de programmation : cette fonction applique une fonction entrée en argument à tout élément d'une liste et retourne une nouvelle liste contenant le résultat. Smalltalk-80 a adopté la programmation basée sur les collections comme précepte central. Les langages modernes de programmation fonctionnelle tels que ML et Haskell ont suivi l'orientation de Smalltalk.

Pourquoi est-ce une si bonne idée ? Partons du principe que nous avons une structure de données contenant une collection d'enregistrements d'étudiants appelé `students` (pour étudiants, en anglais) et que nous voulons accomplir une certaine action sur tous les étudiants remplissant un certain critère. Les programmeurs éduqués aux langages impératifs vont se retrouver immédiatement à écrire une boucle. Mais le développeur en Smalltalk écrira :

```
students select: [ :each | each gpa < threshold ]
```

ce qui donnera une nouvelle collection contenant précisément les éléments

de students (étudiants) pour lesquels la fonction entre crochets renvoie une réponse positive *c-à-d.* true². Le code Smalltalk a la simplicité et l'élégance des langages dédiés ou *Domain-Specific Language* souvent abrégés en DSL.

Le message `select:` est compris par *toutes* les collections de Smalltalk. Il n'est pas nécessaire de chercher si la structure de données des étudiants est un tableau ou une liste chaînée : le message `select:` est reconnu par les deux. Notez donc que c'est assez différent de l'usage d'une boucle avec laquelle nous devons nous interroger pour savoir si `students` est un tableau ou une liste chaînée avant que cette boucle puisse être configurée.

En Smalltalk, lorsque quelqu'un parle d'une collection sans être plus précis sur le type de la collection, il mentionne un objet qui supporte des protocoles bien définis pour tester l'appartenance et énumérer les éléments. *Toutes* les collections acceptent les messages de la catégorie des tests nommée *testing* tels que `includes:` (test d'inclusion), `isEmpty` (teste si la collection est vide) et `occurrencesOf:` (test d'occurrences d'un élément). *Toutes* les collections comprennent les messages du protocole *enumeration* comme `do:` (action sur chaque élément), `select:` (sélection de certains éléments), `reject:` (rejet à l'opposé de `select:`), `collect:` (identique à la fonction `map` de Lisp), `detect:ifNone:` (détection tolérante à l'absence) `inject:into:` (accumulation ou opération par réduction comme avec une fonction `fold` ou `reduce` dans d'autres langages) et beaucoup plus encore. C'est plus l'ubiquité de ce protocole que sa diversité qui le rend si puissant.

La figure 9.2 résume les protocoles standards supportés par la plupart des classes de la hiérarchie de collections. Ces méthodes sont définies, redéfinies, optimisées ou parfois même interdites par les sous-classes de Collections.

Au-delà de cette homogénéité apparente, il y a différentes sortes de collections soit, supportant des protocoles différents soit, offrant un comportement différent pour une même requête. Parcourons brièvement certaines de ces divergences essentielles :

- **Les séquentielles ou *Sequenceable*** : les instances de toutes les sous-classes de `SequenceableCollection` débutent par un premier élément dit `first` et progresse dans un ordre bien défini jusqu'au dernier élément dit `last`. Les instances de `Set`, `Bag` (ou `multiensemble`) et `Dictionary` ne sont pas des collections séquentielles.
- **Les triées ou *Sortable*** : une `SortedCollection` maintient ses éléments dans un ordre de tri.
- **Les indexées ou *Indexable*** : la majorité des collections séquentielles sont aussi indexées, *c-à-d.* que ses éléments peuvent être extraits par `at:` qui peut se traduire par l'expression "à l'endroit indiqué". Le tableau `Array` est une structure de données indexées familière avec une taille fixe ; `anArray at: n` récupère le ^en^o élément de `anArray` alors que, `anArray at: n put: v`

2. L'expression entre crochets (brackets en anglais) peut être vue comme une expression λ définissant une fonction anonyme $\lambda x.x \text{ gpa} < \text{threshold}$.

Protocole	Méthodes
<i>accessing</i>	size, capacity, at: <i>anIndex</i> , at: <i>anIndex</i> put: <i>anElement</i>
<i>testing</i>	isEmpty, includes: <i>anElement</i> , contains: <i>aBlock</i> , occurrencesOf: <i>anElement</i>
<i>adding</i>	add: <i>anElement</i> , addAll: <i>aCollection</i>
<i>removing</i>	remove: <i>anElement</i> , remove: <i>anElement</i> ifAbsent: <i>aBlock</i> , removeAll: <i>aCollection</i>
<i>enumerating</i>	do: <i>aBlock</i> , collect: <i>aBlock</i> , select: <i>aBlock</i> , reject: <i>aBlock</i> , detect: <i>aBlock</i> , detect: <i>aBlock</i> ifNone: <i>aNoneBlock</i> , inject: <i>aValue</i> into: <i>aBinaryBlock</i>
<i>converting</i>	asBag, asSet, asOrderedCollection, asSortedCollection, asArray, asSortedCollection: <i>aBlock</i>
<i>creation</i>	with: <i>anElement</i> , with:with:, with:with:with:, with:with:with:with:, withAll: <i>aCollection</i>

FIGURE 9.2 – Les protocoles standards de collections

change le n^e élément par v. Les listes chaînées de classe `LinkedList` et les listes à enjambements de classe `SkipList` sont séquentielles mais non-indexées ; autrement dit, elles acceptent `first` et `last`, mais pas `at:`. `LinkedList` `SkipList`

- **Les collections à clés ou *Keyed*** : les instances du dictionnaire `Dictionary` et ses sous-classes sont accessibles via des clés plutôt que par des indices.
- **Les collections modifiables ou *Mutable*** : la plupart des collections sont dites *mutables c-à-d.* modifiables, mais les intervalles `Interval` et les symboles `Symbol` ne le sont pas. Un `Interval` est une collection non-modifiable ou *immutable* représentant une rangée d'entiers `Integer`. Par exemple, `5 to: 16 by: 2` est un intervalle `Interval` qui contient les éléments 5, 7, 9, 11, 13 et 15. Il est indexable avec `at:` mais ne peut pas être changé avec `at:put:`. `Symbol`
- **Les collections extensibles** : les instances d'`Interval` et de `Array` sont toujours de taille fixe. D'autres types de collections (les collections triées `SortedCollection`, ordonnées `OrderedCollection` et les listes chaînées `LinkedList`) peuvent être étendues après leur création.
La classe `OrderedCollection` est plus générale que le tableau `Array` ; la taille d'une `OrderedCollection` grandit à la demande et elle a aussi bien des méthodes d'ajout en début `addFirst:` et en fin `addLast:` que des méthodes `at:` et `at:put:..`.
- **Les collections à *duplicat*** : un `Set` filtrera les *duplicata* ou doublons mais un `Bag` (sac, en français) ne le fera pas. Les collections non-ordonnées `Dictionary`, `Set` et `Bag` utilisent la méthode = fournie par les éléments ; les variantes `Identity` de ces classes (`IdentityDictionary`, `IdentitySet` et `IdentityBag`)

Collections en tableaux (Arrayed)	Collections ordonnées (Ordered)	Collections à hachage (Hashed)	Collections chaînées (Linked)	Collections à intervalles (Interval)
Array String Symbol	OrderedCollection SortedCollection Text Heap	Set IdentitySet PluggableSet Bag IdentityBag Dictionary IdentityDictionary PluggableDictionary	LinkedList SkipList	Interval

FIGURE 9.3 – Certaines classes de collections rangées selon leur technique d'implémentation.

utilisent la méthode `==` qui teste si les arguments sont le même objet et les variantes `Pluggable` emploient une équivalence arbitraire définie par le créateur de la collection.

- **Les collections hétérogènes :** La plupart des collections stockent n’importe quel type d’élément. Un `String`, un `CharArray` ou `Symbol` ne contiennent cependant que des caractères de classe `Character`. Un `Array` pourra inclure un mélange de différents objets mais un tableau d’octets `ByteArray` ne comprendra que des octets `Byte` ; tout comme un `IntegerArray` n’a que des entiers `Integers` et qu’un `FloatArray` ne peut contenir que des réels à virgule flottante de classe `Float`. Une liste chaînée `LinkedList` est contrainte à ne pouvoir contenir que des éléments qui sont conformes au protocole `Link ▷ accessing`.

9.3 Les implémentations des collections

Considérer ces catégorisations par fonctionnalité n’est pas suffisant ; nous devons aussi regarder les classes de collections selon leur implémentation. Comme nous le montre la figure 9.3, cinq techniques d’implémentations majeures sont employées.

1. Les tableaux ou *Arrays* stockent leurs éléments dans une variable d’instance indexable de l’objet collection lui-même ; dès lors, les tableaux doivent être de taille fixe mais peuvent être créés avec une simple allocation de mémoire. `Array`
2. Les collections ordonnées `OrderedCollection` et triées `SortedCollection` contiennent leurs éléments dans un tableau qui est référencé par une des variables d’instance de la collection. En conséquence, le tableau interne peut être remplacé par un plus grand si la collection grossit au delà des capacités de stockage. `Text`
3. Les différents types d’ensemble (ou *set*) et les dictionnaires sont aussi

référencés par un tableau de stockage subsidiaire mais ils utilisent ce tableau comme une table de hachage (ou *hash table*). Les ensembles dits sacs ou *bags* (de classe `Bag`) utilisent un dictionnaire `Dictionary` pour le stockage avec pour clés des éléments du `Bag` et pour valeurs leur nombre d'occurrences. `Bag`

4. Les listes chaînées `LinkedList` utilisent une représentation standard simplement chaînée. `LinkedList`
5. Les intervalles `Interval` sont représentées par trois entiers qui enregistrent les deux points extrêmes et la taille de pas. `Interval`

En plus de ces classes, il y a aussi les variantes de `Array`, de `Set` et de plusieurs sortes de dictionnaires dites à liaisons faibles ou “weak”. Ces collections maintiennent faiblement leurs éléments, *c-à-d.* de manière à ce qu'elles n'empêchent pas ses éléments d'être recyclés par le ramasse-miettes ou *garbage collector*. La machine virtuelle Pharo est consciente de ces classes et les gère d'une façon particulière.

Les lecteurs intéressés dans l'apprentissage avancé des collections de Smalltalk sont renvoyés à la lecture de l'excellent livre de LaLonde et Pugh³.

9.4 Exemples de classes importantes

Nous présentons maintenant les classes de collections les plus communes et les plus importantes via des exemples de code simples. Les protocoles principaux de collections sont : `at:`, `at:put:` — pour accéder à un élément, `add:`, `remove:` — pour ajouter ou enlever un élément, `size`, `isEmpty`, `include:` — pour obtenir des informations respectivement sur la taille, la virginité (collection vide) et l'inclusion dans la collection, `do:`, `collect:`, `select:` — pour agir en itérations à travers la collection. Chaque collection implémente ou non de tels protocoles et quand elle le fait, elle les interprète pour être en adéquation avec leurs sémantiques. Nous vous suggérons de naviguer dans les classes elles-même pour identifier par vous même les protocoles spécifiques et plus avancés.

Nous nous focaliserons sur les classes de collections les plus courantes : `OrderedCollection`, `Set`, `SortedCollection`, `Dictionary`, `Interval` et `Array`.

Les protocoles communs de création. Il existe plusieurs façons de créer des instances de collections. La technique la plus générale consiste à utiliser les méthodes `new:` et `with:.. new:` `anInteger` crée une collection de taille `anInteger` dont les éléments seront tous nuls *c-à-d.* de valeur `nil`. `with: anObject` crée une

3. Wilf LaLonde et John Pugh, *Inside Smalltalk : Volume 1*. Prentice Hall, 1990, ISBN 0-13-468414-1.

collection et ajoute anObject à la collection créée. Les collections réalisent cela de différentes manières.

Vous pouvez créer des collections avec des éléments initiaux en utilisant les méthodes with:, with:with: etc ; et ce jusqu'à six éléments (donc six with:).

```
Array with: 1 → #(1)
Array with: 1 with: 2 → #(1 2)
Array with: 1 with: 2 with: 3 → #(1 2 3)
Array with: 1 with: 2 with: 3 with: 4 → #(1 2 3 4)
Array with: 1 with: 2 with: 3 with: 4 with: 5 → #(1 2 3 4 5)
Array with: 1 with: 2 with: 3 with: 4 with: 5 with: 6 → #(1 2 3 4 5 6)
```

Vous pouvez aussi utiliser la méthode addAll: pour ajouter tous les éléments d'une classe à une autre :

```
(1 to: 5) asOrderedCollection addAll: '678'; yourself → an OrderedCollection(1 2 3 4 5 $6 $7 $8)
```

Prenez garde au fait que addAll: renvoie aussi ses arguments et non pas le receveur !

Vous pouvez aussi créer plusieurs collections avec les méthodes withAll: ou newFrom:

Array withAll: #(7 3 1 3)	→	#(7 3 1 3)
OrderedCollection withAll: #(7 3 1 3)	→	an OrderedCollection(7 3 1 3)
SortedCollection withAll: #(7 3 1 3)	→	a SortedCollection(1 3 3 7)
Set withAll: #(7 3 1 3)	→	a Set(7 1 3)
Bag withAll: #(7 3 1 3)	→	a Bag(7 1 3 3)
Dictionary withAll: #(7 3 1 3)	→	a Dictionary(1->7 2->3 3->1 4->3)

Array newFrom: #(7 3 1 3)	→	#(7 3 1 3)
OrderedCollection newFrom: #(7 3 1 3)	→	an OrderedCollection(7 3 1 3)
SortedCollection newFrom: #(7 3 1 3)	→	a SortedCollection(1 3 3 7)
Set newFrom: #(7 3 1 3)	→	a Set(7 1 3)
Bag newFrom: #(7 3 1 3)	→	a Bag(7 1 3 3)
Dictionary newFrom: {1 -> 7. 2 -> 3. 3 -> 1. 4 -> 3}	→	a Dictionary(1->7 2->3 3->1 4->3)

Notez que ces méthodes ne sont pas identiques. En particulier, Dictionary class »withAll: interprète ses arguments comme un collection de valeurs alors que Dictionary class»newFrom: s'attend à une collection d'associations.

Le tableau Array

Un tableau Array est une collection de taille fixe dont les éléments sont accessibles par des indices entiers. Contrairement à la convention établie dans le

langage C, le premier élément d'un tableau Smalltalk est à la position 1 et non à la position 0. Le protocole principal pour accéder aux éléments d'un tableau est la méthode `at:` et la méthode `at:put:.` `at: anInteger` renvoie l'élément à l'index `anInteger`. `at: anInteger put: anObject` met `anObject` à l'index `anInteger`. Comme les tableaux sont des collections de taille fixe nous ne pouvons pas ajouter ou enlever des éléments à la fin du tableau. Le code suivant crée un tableau de taille 5, place des valeurs dans les 3 premières cases et retourne le premier élément.

```
anArray := Array new: 5.
anArray at: 1 put: 4.
anArray at: 2 put: 3/2.
anArray at: 3 put: 'ssss'.
anArray at: 1    →  4
```

Il y a plusieurs façons de créer des instances de la classe `Array`. Nous pouvons utiliser `new:.`, `with:.` et les constructions basées sur `#()` et `{ }.`.

Création avec new: `new: anInteger` crée un tableau de taille `anInteger`. `Array new: 5` crée un tableau de taille 5.

Création avec with: les méthodes `with:.` permettent de spécifier la valeur des éléments. Le code suivant crée un tableau de trois éléments composés du nombre 4, de la fraction 3/2 et de la chaîne de caractères 'lulu'.

```
Array with: 4 with: 3/2 with: 'lulu'  →  {4 . (3/2) . 'lulu'}
```

Création littéral avec #(). `#()` crée des tableaux littéraux avec des éléments statiques qui doivent être connus quand l'expression est compilée et non lorsqu'elle est exécutée. Le code suivant crée un tableau de taille 2 dans lequel le premier élément est le nombre 1 et le second la chaîne de caractères 'here' : tous deux sont des littéraux.

```
#{1 'here'} size  →  2
```

Si vous évaluez désormais `#{1+2}`, vous n'obtenez pas un tableau avec un unique élément 3 mais vous obtenez plutôt le tableau `#{1 #+ 2}` c-à-d. avec les trois éléments : 1, le symbole `#+` le chiffre 2.

```
#{1+2}  →  #{1 #+ 2}
```

Ceci se produit parce que la construction `#()` fait que le compilateur interprète littérallement les expressions contenues dans le tableau. L'expression est analysée et les éléments résultants forment un nouveau tableau. Les tableaux littéraux contiennent des nombres, l'élément `nil`, des booléens `true` et `false`, des symboles et des chaînes de caractères.

Création dynamique avec { }. Vous pouvez finalement créer un tableau dynamique en utilisant la construction suivante : {}. { a . b } est équivalent à Array with: a with: b. En particulier, les expressions incluses entre { et } sont exécutées. Chaque expression est séparée de la précédente par un point.

```
{ 1 + 2 }   —→  #(3)
{(1/2) asFloat} at: 1   —→  0.5
{10 atRandom . 1/3} at: 2   —→  (1/3)
```

L'accès aux éléments. Les éléments de toutes les collections séquentielles peuvent être accédés avec les messages at: et at:put:.

```
anArray := #(1 2 3 4 5 6) copy.
anArray at: 3   —→  3
anArray at: 3 put: 33.
anArray at: 3   —→  33
```

Soyez attentif au fait que le code modifie les tableaux littéraux ! Le compilateur essaie d'allouer l'espace nécessaire aux tableaux littéraux. À moins que vous ne copiez le tableau, la seconde fois que vous évaluez le code, votre tableau "littéral" pourrait ne pas avoir la valeur que vous attendez. (sans clonage, la seconde fois, le tableau littéral #(1 2 3 4 5 6) sera en fait #(1 2 33 4 5 6) !) Les tableaux dynamiques n'ont pas ce problème.

La collection ordonnée OrderedCollection

OrderedCollection est une des collections qui peut s'étendre et auxquelles des éléments peuvent être adjoints séquentiellement. Elle offre une variété de méthodes telles que add:, addFirst:, addLast: et addAll:.

```
ordCol := OrderedCollection new.
ordCol add: 'Seaside'; add: 'SqueakSource'; addFirst: 'Monticello'.
ordCol   —→  an OrderedCollection('Monticello' 'Seaside' 'SqueakSource')
```

Effacer des éléments. La méthode remove: anObject efface la première occurrence d'un objet dans la collection. Si la collection n'inclut pas l'objet, elle lève une erreur.

```
ordCol add: 'Monticello'.
ordCol remove: 'Monticello'.
ordCol   —→  an OrderedCollection('Seaside' 'SqueakSource' 'Monticello')
```

Il y a une variante de remove: nommée remove:ifAbsent: qui permet de spécifier comme second argument un bloc exécuté dans le cas où l'élément à effacer n'est pas dans la collection.

```
res := ordCol remove: 'zork' ifAbsent: [33].
res → 33
```

La conversion. Il est possible d'obtenir une collection ordonnée OrderedCollection depuis un tableau Array (ou n'importe quelle autre collection) en envoyant le message asOrderedCollection :

```
#(1 2 3) asOrderedCollection → an OrderedCollection(1 2 3)
'hello' asOrderedCollection → an OrderedCollection($h $e $l $l $o)
```

L'intervalle Interval

La classe Interval représente une suite de nombres. Par exemple, l'intervalle compris entre 1 et 100 est défini comme suit :

```
Interval from: 1 to: 100 → (1 to: 100)
```

L'imprimé ou l'affichage en mode printString de cet intervalle nous révèle que la classe nombre Number (représentant les nombres) dispose d'une méthode de convenance appelée to: (dans le sens de l'expression "jusqu'à") pour générer les intervalles :

```
(Interval from: 1 to: 100) = (1 to: 100) → true
```

Nous pouvons utiliser Interval class»from:to:by: (mot à mot : depuis-jusque-par) ou Number»to:by: (jusque-par) pour spécifier le pas entre les deux nombres comme suit :

```
(Interval from: 1 to: 100 by: 0.5) size → 199
(1 to: 100 by: 0.5) at: 198 → 99.5
(1/2 to: 54/7 by: 1/3) last → (15/2)
```

Le dictionnaire Dictionary

Les dictionnaires sont des collections importantes dont les éléments sont accessibles via des clés. Parmi les messages de dictionnaire les plus couramment utilisés, vous trouverez at:, at:put:, at:ifAbsent:, keys et values (*keys* et *values* sont les mots anglais pour clés et valeurs respectivement).

```
colors := Dictionary new.
colors at: #yellow put: Color yellow.
colors at: #blue put: Color blue.
colors at: #red put: Color red.
```

```

colors at: #yellow  → Color yellow
colors keys       → a Set(#blue #yellow #red)
colors values     → {Color blue . Color yellow . Color red}

```

Les dictionnaires comparent les clés par égalité. Deux clés sont considérées comme étant la même si elles retournent *true* lorsqu'elles sont comparées par `=`. Une erreur commune et difficile à identifier est d'utiliser un objet dont la méthode `=` a été redéfinie mais pas sa méthode de hachage `hash`. Ces deux méthodes sont utilisées dans l'implémentation du dictionnaire et lorsque des objets sont comparés.

La classe `Dictionary` illustre clairement que la hiérarchie de collections ~~est basée sur l'héritage et non sur du sous-typage~~. Même si `Dictionary` est une sous-classe de `Set`, nous ne voudrions normalement pas utiliser un `Dictionary` là où un `Set` est attendu. Dans son implémentation pourtant un `Dictionary` peut clairement être vu comme étant constitué d'un ensemble d'associations de valeurs et de clés créé par le message `->`. Nous pouvons créer un `Dictionary` depuis une collection d'associations ; nous pouvons aussi convertir un dictionnaire en tableau d'associations.

```

colors := Dictionary newFrom: { #blue->Color blue. #red->Color red. #yellow->Color
                               yellow }.
colors removeKey: #blue.
colors associations → {#yellow->Color yellow . #red->Color red}

```

IdentityDictionary. Alors qu'un dictionnaire utilise le résultat des messages `=` et `hash` pour déterminer si deux clés sont la même, la classe `IdentityDictionary` utilise l'identité (*c-à-d.* le message `==`) de la clé au lieu de celle de ses valeurs, *c-à-d.* qu'il considère deux clés comme égales *seulement si* elles sont le même objet.

Souvent les symboles de classe `Symbol` sont utilisés comme clés, dans les cas où le choix de `IdentityDictionary` s'impose, car un symbole est toujours certain d'être globalement unique. Si d'un autre côté, vos clés sont des chaînes de caractères `String`, il est préférable d'utiliser un `Dictionary` ou sinon vous pourriez avoir des ennuis :

```

a := 'foobar'.
b := a copy.
trouble := IdentityDictionary new.
trouble at: a put: 'a'; at: b put: 'b'.
trouble at: a → 'a'
trouble at: b → 'b'
trouble at: 'foobar' → 'a'

```

Comme `a` et `b` sont des objets différents, ils sont traités comme des objets différents. Le littéral 'foobar' est alloué une seule fois et ce n'est vraiment pas

le même objet que a. Vous ne voulez pas que votre code dépende d'un tel comportement ! Un simple Dictionary vous donnerait la même valeur pour n'importe quelle clé égale à 'foobar'.

Vous ne vous tromperez pas en utilisant seulement des Symbols comme clé d'IdentityDictionary et des Strings (ou d'autres objets) comme clé de Dictionary classique.

Notez que l'objet global Smalltalk est une instance de SystemDictionary sous-classe de IdentityDictionary ; de ce fait, toutes ses clés sont des Symbols (en réalité, des symboles de la classe ByteSymbol qui contiennent des caractères de 8 bits).

```
Smalltalk keys collect: [ :each | each class ] —> a Set(ByteSymbol)
```

Envoyer keys ou values à un Dictionary nous renvoie un ensemble Set ; nous explorerons cette collection dans la section qui suit.

L'ensemble Set

La classe Set est une collection qui se comporte comme un ensemble dans le sens mathématique *c-à-d.* comme une collection sans doublons et sans aucun ordre particulier. Dans un Set, les éléments sont ajoutés en utilisant le message add: (signifiant "ajoute" en anglais) et ils ne peuvent pas être accessibles par le message de recherche par indice at:. Les objets à inclure dans Set doivent implémenter les méthodes hash et =.

```
s := Set new.  
s add: 4/2; add: 4; add:2.  
s size —> 2
```

Vous pouvez aussi créer des ensembles via Set class»newFrom: ou par le message de conversion Collection»asSet :

```
(Set newFrom: #( 1 2 3 1 4 )) = #(1 2 3 4 3 2 1) asSet —> true
```

La méthode asSet offre une façon efficace pour éliminer les doublons dans une collection :

```
{ Color black. Color white. (Color red + Color blue + Color green) } asSet size —> 2
```

Notez que rouge (message red) + bleu (message blue) + vert (message green) donne du blanc (message white).

Une collection Bag ou sac est un peu comme un Set qui autorise le dupli-cata :

```
{ Color black. Color white. (Color red + Color blue + Color green) } asBag size —> 3
```

Les opérations sur les ensembles telles que *l'union*, *l'intersection* et le test d'*appartenance* sont implémentées respectivement par les messages de Collection `union:`, `intersection:` et `includes:`. Le receveur est d'abord converti en un `Set`, ainsi ces opérations fonctionnent pour toute sorte de collections !

```
(1 to: 6) union: (4 to: 10)      →  a Set(1 2 3 4 5 6 7 8 9 10)
'hello' intersection: 'there'   →  'he'
#Smalltalk includes: $k        →  true
```

Comme nous l'avons expliqué plus haut les éléments de `Set` sont accessibles en utilisant des *méthodes d'itérations (itérateurs)* (voir la section 9.5).

La collection triée `SortedCollection`

Contrairement à une collection ordonnée `OrderedCollection`, une `SortedCollection` maintient ses éléments dans un ordre de tri. Par défaut, une collection triée utilise le message `<=` pour établir l'ordre du tri, autrement dit, elle peut trier des instances de sous-classes de la classe abstraite `Magnitude` qui définit le protocole d'objets comparables (`<`, `=`, `>`, `>=`, `between:and:...`). (voir le chapitre 8.)

Vous pouvez créer une `SortedCollection` en créant une nouvelle instance et en lui ajoutant des éléments :

```
SortedCollection new add: 5; add: 2; add: 50; add: -10; yourself. → a
SortedCollection(-10 2 5 50)
```

Le message `asSortedCollection` nous offre une bonne technique de conversion souvent utilisée.

```
#(5 2 50 -10) asSortedCollection → a SortedCollection(-10 2 5 50)
```

Cet exemple répond à la FAQ suivante :

FAQ : Comment trier une collection ?
RÉPONSE : En lui envoyant le message `asSortedCollection`.

```
'hello' asSortedCollection → a SortedCollection($e $h $l $l $o)
```

Comment retrouver une chaîne de caractères `String` depuis ce résultat ? Malheureusement `asString` retourne une représentation descriptive en `printString` ; ce n'est bien sûr pas ce que nous voulons :

```
'hello' asSortedCollection asString → 'a SortedCollection($e $h $l $l $o)'
```

La bonne réponse est d'utiliser les messages de classe String class>newFrom: ou String class>withAll: ; ou bien le message de conversion générique Object>as: :

'hello' asSortedCollection as: String	→	'ehllo'
String newFrom: ('hello' asSortedCollection)	→	'ehllo'
String withAll: ('hello' asSortedCollection)	→	'ehllo'

Avoir différents types d'éléments dans une SortedCollection est possible tant qu'ils sont comparables. Par exemple nous pouvons mélanger différentes sortes de nombres tels que des entiers, des flottants et des fractions :

{ 5. 2/-3. 5.21 } asSortedCollection	→	a SortedCollection((-2/3) 5 5.21)
--------------------------------------	---	-----------------------------------

Imaginez que vous voulez trier des objets qui ne définissent pas la méthode `<=` ou que vous voulez trier selon une critère bien spécifique. Vous pouvez le faire en spécifiant un bloc à deux arguments. Par exemple, la classe de couleur Color n'est pas une Magnitude et ainsi il n'implémente pas `<=` mais nous pouvons établir un bloc signalant que les couleurs devrait être triées selon leur luminance (une mesure de la brillance).

col := SortedCollection sortBlock: [:c1 :c2 c1 luminance <= c2 luminance].		
col addAll: { Color red. Color yellow. Color white. Color black }.		
col	→	a SortedCollection(Color black Color red Color yellow Color white)

La chaîne de caractères String

Un String en Smalltalk représente une collection de Characters. Il est séquentiel, indexé, modifiable (*mutable*) et homogène, ne contenant que des instances de Character. Comme Array, String a une syntaxe dédiée et est créée normalement en déclarant directement une chaîne de caractères littérale avec de simples guillemets (symbole *apostrophe* sur votre clavier), mais les méthodes habituelles de création de collection fonctionnent aussi.

'Hello'	→	'Hello'
String with: \$A	→	'A'
String with: \$h with: \$i with: \$!	→	'hi!'
String newFrom: #(\$h \$e \$l \$l \$o)	→	'hello'

En fait, String est abstrait. Lorsque vous instanciez un String, vous obtenez en réalité soit un ByteString en 8 bits ou un WideString⁴ en 32 bits. Pour simplifier, nous ignorons habituellement la différence et parlons simplement d'instances de String.

Deux instances de String peuvent être concaténées avec une virgule (en anglais, *comma*).

4. Wide a le sens : étendu

```
s := 'no', ',', 'worries'.
s → 'no worries'
```

Comme une chaîne de caractères est modifiable nous pouvons aussi la changer en utilisant la méthode `at:put:`.

```
s at: 4 put: $h; at: 5 put: $u.
s → 'no hurries'
```

Notez que la méthode virgule est définie dans la classe `Collection`. Elle marche donc pour n'importe quelle sorte de collections !

```
(1 to: 3) , '45' → #(1 2 3 $4 $5)
```

Nous pouvons aussi modifier une chaîne de caractères existante en utilisant les méthodes `replaceAll:with:` (pour remplacer tout avec quelque chose d'autre) ou `replaceFrom:to:with:` (pour remplacer depuis tant jusqu'à un certain point par quelque chose) comme nous pouvons le voir ci-dessous. Notez que le nombre de caractères et l'intervalle doivent être de la même taille.

```
s replaceAll: $n with: $N.
s → 'No hurries'
s replaceFrom: 4 to: 5 with: 'wo'.
s → 'No worries'
```

D'une manière différente, `copyReplaceAll:` crée une nouvelle chaîne de caractères (curieusement, les arguments dans ce cas sont des sous-chaînes et non des caractères indépendants et leur taille n'a pas à être identique).

```
s copyReplaceAll: 'rries' with: 'mbats' → 'No wombats'
```

Un rapide aperçu de l'implémentation de ces méthodes nous révèle qu'elles ne sont pas seulement définies pour les instances de `String`, mais également pour toutes sortes de collections séquentielles `SequenceableCollection`; du coup, l'expression suivante fonctionne aussi :

```
(1 to: 6) copyReplaceAll: (3 to: 5) with: { 'three'. 'etc.' } → #(1 2 'three' 'etc.' 6)
```

Appariement de chaînes de caractères Il est possible de demander si une chaîne de caractères s'apparie à une expression-filtre ou *pattern* en envoyant le message `match:.` Ce *pattern* ou filtre peut spécifier `*` pour comparer une série arbitraire de caractères et `#` pour représenter un simple caractère quelconque. Notez que `match:` est envoyé au filtre et non pas à la chaîne de caractères à appariер.

```
'Linux *' match: 'Linux mag' → true
'GNU/Linux #ag' match: 'GNU/Linux tag' → true
```

`findString:` est une autre méthode utile.

```
'GNU/Linux mag' findString: 'Linux'      → 5
'GNU/Linux mag' findString: 'linux' startingAt: 1 caseSensitive: false → 5
```

Des techniques d'appariements plus avancées par filtre offrant les même possibilités que Perl sont disponibles dans le paquetage *Regex*.

Quelques essais avec les chaînes de caractères. L'exemple suivant illustre l'utilisation de `isEmpty`, `includes:` et `anySatisfy:` (ce dernier spécifiant si la collection satisfait le test passé en argument-bloc, au moins en un élément) ; ces messages ne sont pas seulement définis pour `String` mais plus généralement pour toute collection.

```
'Hello' isEmpty. → false
>Hello' includes: $a → false
'JOE' anySatisfy: [:c | c isLowercase] → false
'Joe' anySatisfy: [:c | c isLowercase] → true
```

Les gabarits ou *String templating*. Il y a 3 messages utiles pour gérer les *garabits* ou templating : `format:`, `expandMacros` et `expandMacrosWith:`.

```
{1} est {2}' format: {'Pharo' . 'extra'} → 'Pharo est extra'
```

Les messages de la famille `expandMacros` offre une substitution de variables en utilisant `<n>` pour le retour-charriot, `<t>` pour la tabulation, `<1s>`, `<2s>`, `<3s>` pour les arguments (`<1p>`, `<2p>` entourent la chaîne avec des simples guillemets), et `<1?value1:value2>` pour les clauses conditionnelles.

```
'regardez-<t>-ici' expandMacros → 'regardez- -ici'
'<1s> est <2s>' expandMacrosWith: 'Pharo' with: 'extra' → 'Pharo est extra'
'<2s> est <1s>' expandMacrosWith: 'Pharo' with: 'extra' → 'extra est Pharo'
'<1p> ou <1s>' expandMacrosWith: 'Pharo' with: 'extra' → '"Pharo" ou Pharo'
'<1?Quentin:Thibaut> joue' expandMacrosWith: true → 'Quentin joue'
'<1?Quentin:Thibaut> joue' expandMacrosWith: false → 'Thibaut joue'
```

Des méthodes utilitaires en vrac. La classe `String` offre de nombreuses fonctionnalités incluant les messages `asLowercase` (pour mettre en minuscule), `asUppercase` (pour mettre en majuscule) et `capitalized` (pour mettre avec la première lettre en capitale).

```
'XYZ' asLowercase → 'xyz'
'xyz' asUppercase → 'XYZ'
'hilaire' capitalized → 'Hilaire'
'1.54' asNumber → 1.54
```

```
'cette phrase est sans aucun doute beaucoup trop longue' contractTo: 20 → 'cette  
phr...p longue'
```

Remarquez qu'il y a généralement une différence entre demander une représentation descriptive de l'objet en chaîne de caractères en envoyant le message `printString` et en le convertissant en une chaîne de caractères via le message `asString`. Voici un exemple de différence :

```
#ASymbol printString → '#ASymbol'  
#ASymbol asString → 'ASymbol'
```

Un symbole `Symbol` est similaire à une chaîne de caractères mais nous sommes garantis de son unicité globale. Pour cette raison, les symboles sont préférés aux `String` comme clé de dictionnaire, en particulier pour les instances de `IdentityDictionary`. Voyez aussi le chapitre 8 pour plus d'informations sur `String` et `Symbol`.

9.5 Les collections itératrices ou iterators

En Smalltalk, les boucles et les clauses conditionnelles sont simplement des messages envoyés à des collections ou d'autres objets tels que des entiers ou des blocs (voir aussi le chapitre 3). En plus des messages de bas niveau comme `to:do:` qui évalue un bloc avec un argument qui parcourt les valeurs entre un nombre initial et final, la hiérarchie de collections Smalltalk offre de nombreux itérateurs de haut niveau. Ceci vous permet de faire un code plus robuste et plus compact.

L'itération par (`do:`)

La méthode `do:` est un itérateur de collections basique. Il applique son argument (un bloc avec un simple argument) à chaque élément du receveur. L'exemple suivant imprime toutes les chaînes de caractères contenu dans le receveur vers le Transcript.

```
#"bob' joe' toto') do: [:each | Transcript show: each; cr].
```

Les variantes. Il existe de nombreuses variantes de `do:`, telles que `do:without:`, `doWithIndex:` et `reverseDo:`; pour les collections indexées (`Array`, `OrderedCollection`, `SortedCollection`), la méthode `doWithIndex:` vous donne accès aussi à l'indice courant. Cette méthode est reliée à `to:do:` qui est définie dans la classe `Number`.

```
#"bob' joe' toto') doWithIndex: [:each :i | (each = 'joe') ifTrue: [ ↑ i]] → 2
```

Pour des collections ordonnées, `reverseDo:` parcourt la collection dans l'ordre inverse.

Le code suivant montre un message intéressant : `do:separatedBy:` exécute un second bloc à insérer entre les éléments.

```
res := ".
#('bob' 'joe' 'toto') do: [:e | res := res, e ] separatedBy: [res := res, '.'].
res    →  'bob.joe.toto'
```

Notez que ce code n'est pas très efficace puisqu'il crée une chaîne de caractères intermédiaire ; il serait préférable d'utiliser un flux de données en écriture ou *write stream* pour stocker le résultat dans un tampon (voir le chapitre 10) :

```
String streamContents: [:stream | #('bob' 'joe' 'toto') asStringOn: stream delimiter: ''] → 'bob.joe.toto'
```

Les dictionnaires. Quand la méthode `do:` est envoyée à un dictionnaire, les éléments pris en compte sont les valeurs et non pas les associations. Les méthodes appropriées sont `keysDo:`, `valuesDo:` et `associationsDo:` pour itérer respectivement sur les clés, les valeurs ou les associations.

```
colors := Dictionary newFrom: { #yellow -> Color yellow. #blue -> Color blue. #red ->
Color red }.
colors keysDo: [:key | Transcript show: key; cr].           "affiche les clés"
colors valuesDo: [:value | Transcript show: value;cr].       "affiche les valeurs"
colors associationsDo: [:value | Transcript show: value;cr]. "affiche les associations"
```

Collecter les résultats avec `collect:`

Si vous voulez traiter les éléments d'une collection et produire une nouvelle collection en résultat, vous devez utiliser plutôt le message `collect:` ou d'autres méthodes d'itérations au lieu du message `do:`. La plupart peuvent être trouvés dans le protocole *enumerating* de la classe `Collection` et de ses sous-classes.

Imaginez que nous voulions qu'une collection contienne le double des éléments d'une autre collection. En utilisant la méthode `do:`, nous devons écrire le code suivant :

```
double := OrderedCollection new.
#(1 2 3 4 5 6) do: [:e | double add: 2 * e].
double   →  an OrderedCollection(2 4 6 8 10 12)
```

La méthode `collect:` exécute son bloc-argument pour chaque élément et renvoie une collection contenant les résultats. En utilisant désormais `collect:`, notre code se simplifie :

```
#(1 2 3 4 5 6) collect: [:e | 2 * e] → #(2 4 6 8 10 12)
```

Les avantages de `collect:` sur `do:` sont encore plus démonstratifs sur l'exemple suivant dans lequel nous générerons une collection de valeurs absolues d'entiers contenues dans une autre collection :

```
aCol := #(2 -3 4 -35 4 -11).
result := aCol species new: aCol size.
1 to: aCol size do: [:each | result at: each put: (aCol at: each) abs].
result → #(2 3 4 35 4 11)
```

Comparez le code ci-dessus avec l'expression suivante beaucoup plus simple :

```
#(2 -3 4 -35 4 -11) collect: [:each | each abs] → #(2 3 4 35 4 11)
```

Le fait que cette seconde solution fonctionne aussi avec les `Set` et les `Bag` est un autre avantage.

Vous devriez généralement éviter d'utiliser `do:` à moins que vous vouliez envoyer des messages à chaque élément d'une collection.

Notez que l'envoi du message `collect:` renvoie le même type de collection que le receveur. C'est pour cette raison que le code suivant échoue. (Un `String` ne peut pas stocker des valeurs entières.)

```
'abc' collect: [:ea | ea asciiValue] "erreur!"
```

Au lieu de ça, nous devons convertir d'abord la chaîne de caractères en `Array` ou un `OrderedCollection` :

```
'abc' asArray collect: [:ea | ea asciiValue] → #(97 98 99)
```

En fait, `collect:` ne garantit pas spécifiquement de retourner exactement la même classe que celle du receveur, mais seulement une classe de la même "*espèce*". Dans le cas d'`Interval`, l'espèce est en réalité un tableau `Array` ! En effet, dans ce cas, nous ne sommes pas assurés que le résultat pourra être transformé en intervalle.

```
(1 to: 5) collect: [:ea | ea * 2] → #(2 4 6 8 10)
```

Sélectionner et rejeter des éléments

`select:` renvoie les éléments du receveur qui satisfont une condition particulière :

```
(2 to: 20) select: [:each | each isPrime] → #(2 3 5 7 11 13 17 19)
```

reject: fait le contraire :

```
(2 to: 20) reject: [:each | each isPrime] → #(4 6 8 9 10 12 14 15 16 18 20)
```

Identifier un élément avec **detect:**

La méthode **detect:** renvoie le premier élément du receveur qui rend vrai le test passé en bloc-argument. **isVowel** retourne vrai *c-à-d.* true si le receveur est une voyelle non-accentuée (pour plus d'explications, voir page 64).

```
'through' detect: [:each | each isVowel] → $o
```

La méthode **detect:ifNone:** est une variante de la méthode **detect:..** Son second bloc est évalué quand il n'y a pas d'élément trouvé dans le bloc.

```
Smalltalk allClasses detect: [:each | '*cobol*' match: each asString] ifNone: [ nil ] → nil
```

Accumuler les résultats avec **inject:into:**

Les langages de programmation fonctionnelle offrent souvent une fonction d'ordre supérieur appelée *fold* ou *reduce* pour accumuler un résultat en appliquant un opérateur binaire de manière itérative sur tous les éléments d'une collection. Pharo propose pour ce faire la méthode **Collection»inject:into:..**

Le premier argument est une valeur initiale et le second est un bloc-argument à deux arguments qui est appliqué au résultat (**sum**) et à chaque élément (**each**) à chaque tour.

Une application triviale de **inject:into:** consiste à produire la somme de nombres stockés dans une collection. **D'après Gauss**, nous pouvons écrire, en Pharo, cette expression pour sommer les 100 premiers entiers :

```
(1 to: 100) inject: 0 into: [:sum :each | sum + each] → 5050
```

Un autre exemple est le bloc suivant à un argument pour calculer la factorielle :

```
factorial := [:n | (1 to: n) inject: 1 into: [:product :each | product * each]].  
factorial value: 10 → 3628800
```

D'autres messages

count: le message **count:** (pour compter) renvoie le nombre d'éléments satisfaisant le bloc-argument :

```
Smalltalk allClasses count: [:each | 'Collection' match: each asString ] → 3
```

includes: le message includes: vérifie si l'argument est contenu dans la collection.

```
colors := {Color white . Color yellow. Color red . Color blue . Color orange}.
colors includes: Color blue. → true
```

anySatisfy: le message anySatisfy: renvoie vrai si au moins un élément satisfait à une condition.

```
colors anySatisfy: [:c | c red > 0.5] → true
```

9.6 Astuces pour tirer profit des collections

Une erreur courante avec add: l'erreur suivante est une des erreurs les plus fréquentes en Smalltalk.

```
collection := OrderedCollection new add: 1; add: 2.
collection → 2
```

Ici la variable collection ne contient pas la collection nouvellement créée mais par le dernier nombre ajouté. En effet, la méthode add: renvoie l'élément ajouté et non le receveur.

Le code suivant donne le résultat attendu :

```
collection := OrderedCollection new.
collection add: 1; add: 2.
collection → an OrderedCollection(1 2)
```

Vous pouvez aussi utiliser le message yourself pour renvoyer le receveur d'une cascade de messages :

```
collection := OrderedCollection new add: 1; add: 2; yourself → an
OrderedCollection(1 2)
```

Enlever un élément d'une collection en cours d'itération. Une autre erreur que vous pouvez faire est d'effacer un élément d'une collection que vous êtes en train de parcourir de manière itérative en utilisant remove:.

```
range := (2 to: 20) asOrderedCollection.
range do: [:aNumber | aNumber isPrime ifFalse: [ range remove: aNumber ]].
range    →   an OrderedCollection(2 3 5 7 9 11 13 15 17 19)
```

Ce résultat est clairement incorrect puisque 9 et 15 auraient dû être filtrés !

La solution consiste à copier la collection avant de la parcourir.

```
range := (2 to: 20) asOrderedCollection.
range copy do: [:aNumber | aNumber isPrime ifFalse: [ range remove: aNumber ]].
range    →   an OrderedCollection(2 3 5 7 11 13 17 19)
```

Redéfinir à la fois = et hash. Une erreur difficile à identifier se produit lorsque vous redéfinissez = mais pas hash. Les symptômes sont la perte d'éléments que vous mettez dans des ensembles ainsi que d'autres phénomènes plus étranges. Une solution proposée par Kent Beck est d'utiliser xor: pour redéfinir hash. Supposons que nous voulons que deux livres soient considérés comme égaux si leurs titres et leurs auteurs sont les mêmes. Alors nous redéfinissons non seulement = mais aussi hash comme suit :

Méthode 9.1 – *Redéfinir = et hash.*

```
Book»= aBook
self class = aBook class ifFalse: [↑ false].
↑ title = aBook title and: [ authors = aBook authors]

Book»hash
↑ title hash xor: authors hash
```

Un autre problème ennuyeux peut surgir lorsque vous utilisez des objets modifiables ou *mutables* : ils peuvent changer leur code de hachage constamment quand ils sont éléments d'un Set ou clés d'un dictionnaire. Ne le faites donc pas à moins que vous aimiez vraiment le débogage !

9.7 Résumé du chapitre

La hiérarchie des collections en Smalltalk offre un vocabulaire commun pour la manipulation uniforme d'une grande famille de collections.

- Une distinction essentielle est faite entre les collections séquentielles ou SequenceableCollections qui stockent leurs éléments dans un ordre donné, les dictionnaires de classe Dictionary ou de ses sous-classes qui enregistrent des associations clé-valeur et les ensembles (Set) ou multi-ensembles (Bag) qui sont eux désordonnés.

- Vous pouvez convertir la plupart des collections en d'autres sortes de collections en leur envoyant des messages tels que `asArray`, `asOrderedCollection` etc.
- Pour trier une collection, envoyez-lui le message `asSortedCollection`.
- Les tableaux littéraux ou *literal Array* sont créés grâce à une syntaxe spéciale : `#(...)`. Les tableaux dynamiques sont créés avec la syntaxe `{ ... }`.
- Un dictionnaire `Dictionary` compare ses clés par égalité. C'est plus utile lorsque les clés sont des instances de `String`. Un `IdentityDictionary` utilise l'identité entre objets pour comparer les clés. Il est souhaitable que des `Symbols` soient utilisés comme clés ou que la correspondance soit établie sur les valeurs.
- Les chaînes de caractères de classe `String` comprennent aussi les messages habituels de la collection. En plus, un `String` supporte une forme simple d'appariement de formes ou *pattern-matching*. Pour des applications plus avancées, vous aurez besoin du paquetage d'expressions régulières `RegEx`.
- Le message de base pour l'itération est `do:`. Il est utile pour du code impératif tel que la modification de chaque élément d'une collection ou l'envoi d'un message sur chaque élément.
- Au lieu d'utiliser `do:`, il est d'usage d'employer `collect:`, `select:`, `reject:`, `includes:`, `inject:into:` et d'autres messages de haut niveau pour un traitement uniforme des collections.
- Ne jamais effacer un élément d'une collection que vous parcourrez itérativement. Si vous devez la modifier, itérez plutôt sur une copie.
- Si vous surchargez `=`, souvenez-vous d'en faire de même pour le message `hash` qui renvoie le code de hachage !

Chapitre 10

Stream : les flux de données

Les flux de données ou *streams* sont utilisés pour itérer dans une séquence d'éléments comme des collections, des fichiers ou des flux réseau. Les *streams* peuvent être en lecture ou en écriture ou les deux. La lecture et l'écriture est toujours relative à la position actuelle dans le *stream*. Les *streams* peuvent être facilement convertis en collections (enfin presque toujours) et les collections en *streams*.

10.1 Deux séquences d'éléments

Voici une bonne métaphore pour comprendre ce qu'est un flux de données : un flux de données ou *stream* peut être représenté comme deux séquences d'éléments : une séquence d'éléments passée et une séquence d'éléments future. Le *stream* est positionné entre les deux séquences. Comprendre ce modèle est important car toutes les opérations sur les *streams* en Smalltalk en dépendent. C'est pour cette raison que la plupart des classes Stream sont des sous-classes de PositionableStream. La figure 10.1 présente un flux de données contenant cinq caractères. Ce *stream* est dans sa position originale *c-à-d.* qu'il n'y a aucun élément dans le passé. Vous pouvez revenir à cette position en envoyant le message *reset*.

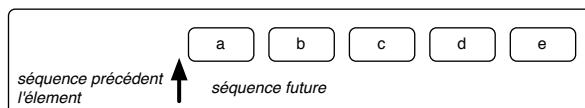


FIGURE 10.1 – Un flux de données positionné à son origine.

Lire un élément revient conceptuellement à effacer le premier élément de la séquence d'éléments future et le mettre après le dernier élément dans la séquence d'éléments passée. Après avoir lu un élément avec le message `next`, l'état de votre *stream* est celui de la figure 10.2.

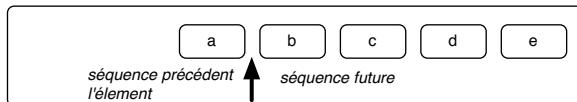


FIGURE 10.2 – Le même flux de données après l'exécution de la méthode `next` : le caractère a est “dans le passé” alors que b, c, d and e sont “dans le futur”.

Écrire un élément revient à remplacer le premier élément de la séquence future par le nouveau et le déplacer dans le passé. La figure 10.3 montre l'état du même *stream* après avoir écrit un x via le message `nextPut: anElement`.

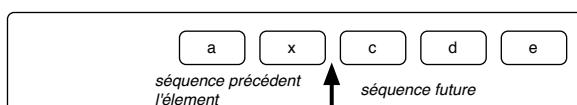


FIGURE 10.3 – Le même flux de données après avoir écrit un x.

10.2 Streams contre Collections

Le protocole des collections supporte le stockage, l'effacement et l'énumération des éléments d'une collection mais il ne permet pas que ces opérations soient combinées ensemble. Par exemple, si les éléments d'une `OrderedCollection` sont traités par une méthode `do:`, il n'est pas possible d'ajouter ou d'enlever des éléments à l'intérieur du bloc `do:`. Ce protocole ne permet pas non plus d'itérer dans deux collections en même temps en choisissant quelle collection on itère, laquelle on n'itère pas. De telles procédures requièrent qu'un index de parcours ou une référence de position soit maintenu hors de la collection elle-même : c'est exactement le rôle de `ReadStream` (pour la lecture), `WriteStream` (pour l'écriture) et `ReadWriteStream` (pour les deux).

Ces trois classes sont définies pour *glisser à travers*¹ une collection. Par exemple, le code suivant crée un *stream* sur un intervalle puis y lit deux éléments.

1. En anglais, nous dirions “stream over”.

```
r := ReadStream on: (1 to: 1000).
r next.    —→ 1
r next.    —→ 2
r atEnd.   —→ false
```

Les WriteStreams peuvent écrire des données dans la collection :

```
w := WriteStream on: (String new: 5).
w nextPut: $a.
w nextPut: $b.
w contents. —→ 'ab'
```

Il est aussi possible de créer des ReadWriteStreams qui supportent les protocoles de lecture et d'écriture.

Le principal problème de WriteStream et de ReadWriteStream est que, dans Pharo, ils ne supportent que les tableaux et les chaînes de caractères. Cette limitation est en cours de disparition grâce au développement d'une nouvelle librairie nommée Nile². mais en attendant, vous obtiendrez une erreur si vous essayez d'utiliser les *streams* avec un autre type de collection :

```
w := WriteStream on: (OrderedCollection new: 20).
w nextPut: 12. —→ lève une erreur
```

Les *streams* ne sont pas seulement destinés aux collections mais aussi aux fichiers et aux *sockets*. L'exemple suivant crée un fichier appelé test.txt, y écrit deux chaînes de caractères, séparées par un retour-chariot et enfin ferme le fichier.

```
StandardFileStream
fileNamed: 'test.txt'
do: [:str | str
      nextPutAll: '123';
      cr;
      nextPutAll: 'abcd'].
```

Les sections suivantes s'attardent sur les protocoles.

10.3 Utiliser les streams avec les collections

Les *streams* sont vraiment utiles pour traiter des collections d'éléments. Ils peuvent être utilisés pour la lecture et l'écriture d'éléments dans des collections. Nous allons explorer maintenant les caractéristiques des *streams* dans le cadre des collections.

2. Disponible à www.squeaksource.com/Nile.html

Lire les collections

Cette section présente les propriétés utilisées pour lire des collections. Utiliser les flux de données pour lire une collection repose essentiellement sur le fait de disposer d'un pointeur sur le contenu de la collection. Vous pouvez placer où vous voulez ce pointeur qui avancera dans le contenu pour lire. La classe ReadStream devrait être utilisée pour lire les éléments dans les collections.

Les méthodes next et next: sont utilisées pour récupérer un ou plusieurs éléments dans la collection.

```
stream := ReadStream on: #(1 (a b c) false).
stream next.    →      1
stream next.   →      #(#a #b #c)
stream next.   →      false
```

```
stream := ReadStream on: 'abcdef'.
stream next: 0. →      "
stream next: 1. →      'a'
stream next: 3. →      'bcd'
stream next: 2. →      'ef'
```

Le message peek est utilisé quand vous voulez connaître l'élément suivant dans le *stream* sans avancer dans le flux.

```
stream := ReadStream on: '-143'.
negative := (stream peek = $-). "regardez le premier élément sans le lire"
negative. →      true
negative ifTrue: [stream next]. "ignore le caractère moins"
number := stream upToEnd.
number. →      '143'
```

Ce code affecte la variable booléenne negative en fonction du signe du nombre dans le *stream* et number est assigné à sa valeur absolue. La méthode upToEnd (qui en français se traduirait par “jusqu'à la fin”) renvoie tout depuis la position courante jusqu'à la fin du flux de données et positionne ce dernier à sa fin. Ce code peut être simplifié grâce à peekFor: qui déplace le pointeur si et seulement si l'élément est égal au paramètre passé en argument.

```
stream := '-143' readStream.
(stream peekFor: $-) →      true
stream upToEnd →      '143'
```

peekFor: retourne aussi un booléen indiquant si le paramètre est égal à l'élément courant.

Vous avez dû remarquer une nouvelle façon de construire un *stream* dans l'exemple précédent : vous pouvez simplement envoyer readStream à une

collection séquentielle pour avoir un flux de données en lecture seule sur une collection.

Positionner. Il existe des méthodes pour positionner le pointeur du *stream*. Si vous connaissez l'emplacement, vous pouvez vous y rendre directement en utilisant `position:`. Vous pouvez demander la position actuelle avec `position`. Souvenez-vous bien qu'un *stream* n'est pas positionné sur un élément, mais entre deux éléments. L'index 0 correspond au début du flux.

Vous pouvez obtenir l'état du *stream* montré dans la figure 10.4 avec le code suivant :

```
stream := 'abcde' readStream.
stream position: 2.
stream peek  →  $c
```

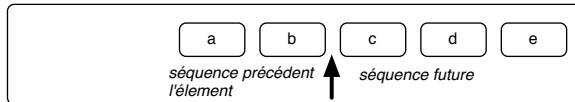


FIGURE 10.4 – Un flux de données à la position 2.

Si vous voulez aller au début ou à la fin, vous pouvez utiliser `reset` ou `setToEnd`. Les messages `skip:` et `skipTo:` sont utilisés pour avancer d'une position relative à la position actuelle : la méthode `skip:` accepte un nombre comme argument et saute sur une distance de ce nombre d'éléments alors que `skipTo:` saute tous les éléments dans le flux jusqu'à trouver un élément égal à son argument. Notez que cette méthode positionne le *stream* après l'élément identifié.

```
stream := 'abcdef' readStream.
stream next.      →  $a  "le flux est à la position juste après a"
stream skip: 3.   →  $d  "le flux est après d"
stream position. →  4
stream skip: -2.  →
stream position. →  2
stream reset.
stream position. →  0
stream skipTo: $e. →
stream next.      →  $f
stream contents. →  'abcdef'
```

Comme vous pouvez le voir, la lettre `e` a été sautée.

La méthode contents retourne toujours une copie de l'intégralité du flux de données.

Tester. Certaines méthodes vous permettent de tester l'état d'un *stream* courant : la méthode atEnd renvoie *true* si et seulement si aucun élément ne peut être trouvé après la position actuelle alors que isEmpty renvoie *true* si et seulement si aucun élément ne se trouve dans la collection.

Voici une implémentation possible d'un algorithme utilisant atEnd et prenant deux collections triées comme paramètres puis les fusionnant dans une autre collection triée :

```
stream1 := #(1 4 9 11 12 13) readStream.  
stream2 := #(1 2 3 4 5 10 13 14 15) readStream.
```

"La variable résultante contiendra la collection triée."

result := OrderedCollection new.

[stream1 atEnd not & stream2 atEnd not]

whileTrue: [stream1 peek < stream2 peek

"Enlève le plus petit élément de chaque flux et l'ajoute au résultat"

ifTrue: [result add: stream1 next]

ifFalse: [result add: stream2 next]].

"Un des deux flux peut ne pas être à la position finale. Copie ce qu'il reste"

result

addAll: stream1 upToEnd;

addAll: stream2 upToEnd.

result. → an OrderedCollection(1 1 2 3 4 4 5 9 10 11 12 13 13 14 15)

Écrire dans les collections

Nous avons déjà vu comment lire une collection en itérant sur ses éléments via un objet ReadStream. Apprenons maintenant à créer des collections avec la classe WriteStream.

Les flux de données WriteStream sont utiles pour adjoindre des données en plusieurs endroits dans une collection. Ils sont souvent utilisés pour construire des chaînes de caractères basées sur des parties à la fois statiques et dynamiques comme dans l'exemple suivant :

```
stream := String new writeStream.  
stream  
nextPutAll: 'Cette image Smalltalk contient: ';  
print: Smalltalk allClasses size;  
nextPutAll: ' classes.';  
cr;
```

```
nextPutAll: 'C'est vraiment beaucoup.'.
```

```
stream contents. → 'Cette image Smalltalk contient: 2322 classes.  
C'est vraiment beaucoup.'
```

Par exemple, cette technique est utilisée dans différentes implémentations de la méthode `printOn:`. Il existe une manière plus simple et plus efficace de créer des flux de données si vous êtes seulement intéressé au contenu du *stream* :

```
string := String streamContents:  
[:stream |  
  stream  
    print: #(1 2 3);  
    space;  
    nextPutAll: 'size';  
    space;  
    nextPut: $=;  
    space;  
    print: 3. ].  
string. → '#(1 2 3) size = 3'
```

La méthode `streamContents:` crée une collection et un *stream* sur cette collection. Elle exécute ensuite le bloc que vous lui donné en passant le *stream* comme argument de bloc. Quand le bloc se termine, `streamContents:` renvoie le contenu de la collection.

Les méthodes de `WriteStream` suivantes sont spécialement utiles dans ce contexte :

nextPut: ajoute le paramètre au flux de données ;

nextPutAll: ajoute chaque élément de la collection passé en argument au flux ;

print: ajoute la représentation textuelle du paramètre au flux.

Il existe aussi des méthodes utiles pour imprimer différentes sortes de caractères au *stream* comme `space` (pour un espace), `tab` (pour une tabulation) et `cr` (pour *Carriage Return c-à-d.* le retour-chariot). Une autre méthode s'avère utile pour s'assurer que le dernier caractère dans le flux de données est un espace : il s'agit de `ensureASpace` ; si le dernier caractère n'est pas un espace, il en ajoute un.

Au sujet de la concaténation. L'emploi de `nextPut:` et de `nextPutAll:` sur un `WriteStream` est souvent le meilleur moyen pour concaténer les caractères. L'utilisation de l'opérateur virgule (,) est beaucoup moins efficace :

```
[| temp |  
temp := String new.
```

```
(1 to: 100000)
do: [:i | temp := temp, i asString, ' ']] timeToRun —→ 115176 "(ms)"

[] temp |
temp := WriteStream on: String new.
(1 to: 100000)
do: [:i | temp nextPutAll: i asString; space].
temp contents] timeToRun —→ 1262 "(milliseconds)"
```

La raison pour laquelle l'usage d'un *stream* est plus efficace provient du fait que l'opérateur virgule crée une nouvelle chaîne de caractères contenant la concaténation du receveur et de l'argument, donc il doit les copier tous les deux. Quand vous concaténez de manière répétée sur le même receveur, ça prend de plus en plus de temps à chaque fois ; le nombre de caractères copiés s'accroît de façon exponentielle. Cet opérateur implique aussi une surcharge de travail pour le ramasse-miettes qui collecte ces chaînes. Pour ce cas, utiliser un *stream* plutôt qu'une concaténation de chaînes est une optimisation bien connue. En fait, vous pouvez utiliser la méthode de classe `streamContents:` (mentionnée à la page 231) pour parvenir à ceci :

```
String streamContents: [:tempStream |
(1 to: 100000)
do: [:i | tempStream nextPutAll: i asString; space]]
```

Lire et écrire en même temps

Vous pouvez utiliser un flux de données pour accéder à une collection en lecture et en écriture en même temps. Imaginez que vous voulez créer une classe d'historique que nous appellerons `History` et qui gérera les boutons "Retour" (*Back*) et "Avant" (*Forward*) d'un navigateur web. Un historique réagirait comme le montrent les illustrations depuis 10.5 jusqu'à 10.11.



FIGURE 10.5 – Un nouvel historique est vide. Rien n'est affiché dans le navigateur web.

Ce comportement peut être programmé avec un `ReadWriteStream`.

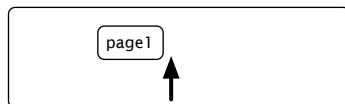


FIGURE 10.6 – L’utilisateur ouvre la page 1.



FIGURE 10.7 – L’utilisateur clique sur un lien vers la page 2.



FIGURE 10.8 – L’utilisateur clique sur un lien vers la page 3.

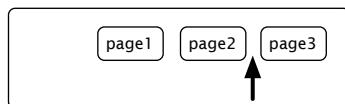


FIGURE 10.9 – L’utilisateur clique sur le bouton “Retour” (Back). Il visite désormais la page 2 à nouveau.

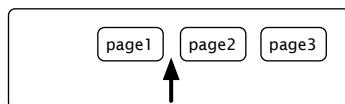


FIGURE 10.10 – L’utilisateur clique sur le bouton “Retour” (Back). La page 1 est affichée maintenant.

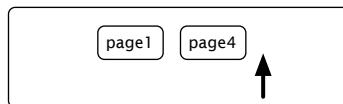


FIGURE 10.11 – Depuis la page 1, l'utilisateur clique sur un lien vers la page 4. L'historique oublie les pages 2 et 3.

```
Object subclass: #History
instanceVariableNames: 'stream'
classVariableNames: ""
poolDictionaries: ""
category: 'PBE-Streams'

History>>initialize
super initialize.
stream := ReadWriteStream on: Array new.
```

Nous n'avons rien de compliqué ici ; nous définissons une nouvelle classe qui contient un *stream*. Ce *stream* est créé dans la méthode `initialize` depuis un tableau.

Nous avons besoin d'ajouter les méthodes `goBackward` et `goForward` pour aller respectivement en arrière (“Retour”) et en avant :

```
History>>goBackward
self canGoBackward ifFalse: [self error: 'Déjà sur le premier élément'].
↑ stream back

History>>goForward
self canGoForward ifFalse: [self error: 'Déjà sur le dernier élément'].
↑ stream next
```

Jusqu’ici le code est assez simple. Maintenant, nous devons nous occuper de la méthode `goTo`: (que nous pouvons traduire en français par “aller à”) qui devrait être activée quand l’utilisateur clique sur un lien. Une solution possible est la suivante :

```
History>>goTo: aPage
stream nextPut: aPage.
```

Cette version est cependant incomplète. Ceci vient du fait que lorsque l’utilisateur clique sur un lien, il ne devrait plus y avoir de pages futurs *c-à-d.* que le bouton “Avant” devrait être désactivé. Pour ce faire, la solution la plus simple est d’écrire `nil` juste après la position courante pour indiquer la fin de

l'historique :

```
History>>goTo: anObject  
stream nextPut: anObject.  
stream nextPut: nil.  
stream back.
```

Maintenant, seules les méthodes `canGoBackward` (pour dire si oui ou non nous pouvons aller en arrière) et `canGoForward` (pour dire si oui ou non nous pouvons aller en avant) sont à coder.

Un flux de données est toujours positionné entre deux éléments. Pour aller en arrière, il doit y avoir deux pages avant la position courante : une est la page actuelle et l'autre est la page que nous voulons atteindre.

```
History>>canGoBackward  
↑ stream position > 1
```

```
History>>canGoForward  
↑ stream atEnd not and: [stream peek notNil]
```

Ajoutons pour finir une méthode pour accéder au contenu du *stream* :

```
History>>contents  
↑ stream contents
```

Faisons fonctionner maintenant notre historique comme dans la séquence illustrée plus haut :

```
History new  
goTo: #page1;  
goTo: #page2;  
goTo: #page3;  
goBackward;  
goBackward;  
goTo: #page4;  
contents —> #(#page1 #page4 nil nil)
```

10.4 Utiliser les streams pour accéder aux fichiers

Vous avez déjà vu comment glisser sur une collection d'éléments via un *stream*. Il est aussi possible d'en faire de même avec un flux sur des fichiers de votre disque dur. Une fois créé, un *stream* sur un fichier est comme un *stream* sur une collection : vous pourrez utiliser le même protocole pour lire, écrire ou positionner le flux. La principale différence apparaît à la création du flux de données. Nous allons voir qu'il existe plusieurs manières de créer un *stream* sur un fichier.

Créer un flux pour fichier

Créer un *stream* sur un fichier consiste à utiliser une des méthodes de création d'instance suivantes mises à disposition par la classe `FileStream` :

fileNamed: ouvre en lecture et en écriture un fichier avec le nom donné. Si le fichier existe déjà, son contenu pourra être modifié ou remplacé mais le fichier ne sera pas tronqué à la fermeture. Si le nom n'a pas de chemin spécifié pour répertoire, le fichier sera créé dans le répertoire par défaut.

newFileNamed: crée un nouveau fichier avec le nom donné et retourne un *stream* ouvert en écriture pour ce fichier. Si le fichier existe déjà, il est demandé à l'utilisateur de choisir la marche à suivre.

forceNewFileNamed: crée un nouveau fichier avec le nom donné et répond un *stream* ouvert en écriture sur ce fichier. Si le fichier existe déjà, il sera effacé avant qu'un nouveau ne soit créé.

oldFileNamed: ouvre en lecture et en écriture un fichier existant avec le nom donné. Si le fichier existe déjà, son contenu pourra être modifié ou remplacé mais le fichier ne sera pas tronqué à la fermeture. Si le nom n'a pas de chemin spécifié pour répertoire, le fichier sera créé dans le répertoire par défaut.

readOnlyFileNamed: ouvre en lecture seule un fichier existant avec le nom donné.

Vous devez vous remémorer de fermer le *stream* sur le fichier que vous avez ouvert. Ceci se fait grâce à la méthode `close`.

```
stream := FileStream forceNewFileNamed: 'test.txt'.
stream
    nextPutAll: 'Ce texte est écrit dans un fichier nommé ';
    print: stream localName.
stream close.

stream := FileStream readOnlyFileNamed: 'test.txt'.
stream contents.    →  'Ce fichier est écrit dans un fichier nommé "test.txt"'
stream close.
```

La méthode `localName` retourne le dernier composant du nom du fichier. Vous pouvez accéder au chemin entier en utilisant la méthode `fullName`.

Vous remarquerez bientôt que la fermeture manuelle de *stream* de fichier est pénible et source d'erreurs. C'est pourquoi `FileStream` offre un message appelé `forceNewFileNamed:do:` pour fermer automatiquement un nouveau flux de données après avoir évalué un bloc qui modifie son contenu.

```
FileStream
    forceNewFileNamed: 'test.txt'
```

```

do: [:stream |
  stream
    nextPutAll: 'Ce texte est écrit dans un fichier nommé ';
    print: stream localName].
string := FileStream
  readOnlyFileNamed: 'test.txt'
  do: [:stream | stream contents].
string   →  'Ce fichier est écrit dans un fichier nommé "test.txt"'

```

Les méthodes de création de flux de données prenant un bloc comme argument créent d'abord un *stream* sur un fichier, puis exécute un argument et enfin ferme le *stream*. Ces méthodes retournent ce qui est retourné par le bloc, *c-à-d.* la valeur de la dernière expression dans le bloc. C'est ce que nous avons utilisé dans l'exemple précédent pour récupérer le contenu d'un fichier et le mettre dans la variable *string*.

Les flux binaires

Par défaut, les *streams* créés sont à base textuelle ce qui signifie que vous lirez et écrirez des caractères. Si votre flux doit être binaire, vous devez lui envoyer le message *binary*.

Quand votre *stream* est en mode binaire, vous pouvez seulement écrire des nombres de 0 à 255 (ce qui correspond à un octet). Si vous voulez utiliser *nextPutAll:* pour écrire plus d'un nombre à la fois, vous devez passer comme argument un tableau d'octets de la classe *ByteArray*.

```

FileStream
forceNewFileNamed: 'test.bin'
do: [:stream |
  stream
  binary;
  nextPutAll: #(145 250 139 98) asByteArray].

```

```

FileStream
readOnlyFileNamed: 'test.bin'
do: [:stream |
  stream binary.
  stream size.      →  4
  stream next.     →  145
  stream upToEnd.  →  #[250 139 98]
].

```

Voici un autre exemple créant une image dans un fichier nommé "test.pgm". Vous pouvez ouvrir ce fichier avec votre programme de dessin préféré.

```
FileStream
```

```

forceNewFileNamed: 'test.pgm'
do: [:stream |
  stream
    nextPutAll: 'P5'; cr;
    nextPutAll: '4 4'; cr;
    nextPutAll: '255'; cr;
    binary;
    nextPutAll: #(255 0 255 0) asByteArray;
    nextPutAll: #(0 255 0 255) asByteArray;
    nextPutAll: #(255 0 255 0) asByteArray;
    nextPutAll: #(0 255 0 255) asByteArray
]

```

Cela crée un échiquier 4 par 4 comme nous montre la figure 10.12.

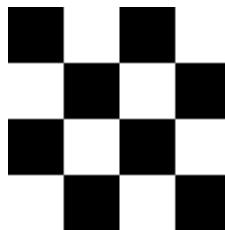


FIGURE 10.12 – Un échiquier 4 par 4 que vous pouvez dessiner en utilisant des *streams* binaires.

10.5 Résumé du chapitre

Par rapport aux collections, les flux de données ou *streams* offrent un bien meilleur moyen de lire et d'écrire de manière incrémentale dans une séquence d'éléments. Il est très facile de passer par conversion de *streams* à collections et vice-versa.

- Les flux peuvent être soit en lecture, soit en écriture, soit à la fois en lecture-écriture.
- Pour convertir une collection en un *stream*, définissez un *stream* sur une collection grâce au message `on:`, *par ex.*, `ReadStream on: (1 to: 1000)`, ou via les messages `readStream`, etc sur la collection.
- Pour convertir un *stream* en collection, envoyer le message `contents`.
- Pour concaténer des grandes collections, il est plus efficace d'abandonner l'emploi de l'opérateur virgule `,` et de créer un *stream* et y adjoindre les collections avec le message `nextPutAll:` puis extraire enfin le résultat en lui envoyant `contents`.

- Par défaut, les *streams* de fichiers sont à base de caractères. Envoyer le message `binary` en fait explicitement des *streams* binaires.

Chapitre 11

L'interface Morphic

À CORRIGER! MARTIAL: LE RESTE DU TEXTE EST ENCORE DU SBE

Morphic est le nom de l'interface graphique de Pharo. Elle est écrite en Smalltalk, donc elle est pleinement portable entre différents systèmes d'exploitation ; en conséquence de quoi, Pharo a le même aspect sur Unix, Mac OS X et Windows. L'absence de distingo entre *composition* et *exécution* de l'interface est la principale divergence de Morphic avec la plupart des autres boîtes à outils graphiques : tous ses éléments graphiques peuvent être assemblés et désassemblés à tout moment par l'utilisateur.

Morphic a été développée par John Maloney et Randy Smith pour le langage de programmation orienté objet Self développé chez Sun Microsystems : l'interface de ce langage basé sur le concept de prototypes (comme JavaScript) est apparue en 1993. Maloney réécrivit ensuite une nouvelle version de Morphic pour Pharo tout en conservant de la version originale son aspect *direct* et *vivant*. Dans ce chapitre, nous ferons une immersion dans cet univers d'objets graphiques, les *morphs* et nous apprendrons à les modeler (à la souris ou en programmation), à leur ajouter des fonctionnalités (pour accroître leur capacité d'interaction) et enfin, en préambule d'un exemple complet, nous verrons comment il s'intègre non seulement dans l'espace mais aussi dans le temps.

11.1 Première immersion dans Morphic

Réponse au doigt et à l'œil

Le caractère direct de l'interface Morphic se traduit par le fait que toutes les formes graphiques sont des objets inspectables et modifiables directement par la souris.

De plus, le fait que toute action faite par l'utilisateur donne lieu à une réponse de la part de Morphic définit son caractère vivant : les informations affichées sont constamment mise à jour au fur et à mesure des changements du "monde" que l'interface décrit. Comme preuve de cette vie et de toute la dynamique qui en résulte, nous vous proposons d'isoler un élément du menu World et de vous en faire un bouton hors du menu.

-  *Afficher le menu World. Cliquez une première fois avec le bouton bleu de la souris de manière à afficher le halo Morphic. Recliquez à nouveau avec le bouton bleu mais cette fois-ci, placez le pointeur de la souris au-dessus de l'option de menu que vous voulez détacher, disons new morph.... Le halo est donc affiché pour cet élément du menu. Déplacez celui-ci n'importe où sur l'écran en glissant la poignée noire , comme le montre la figure 11.1.*

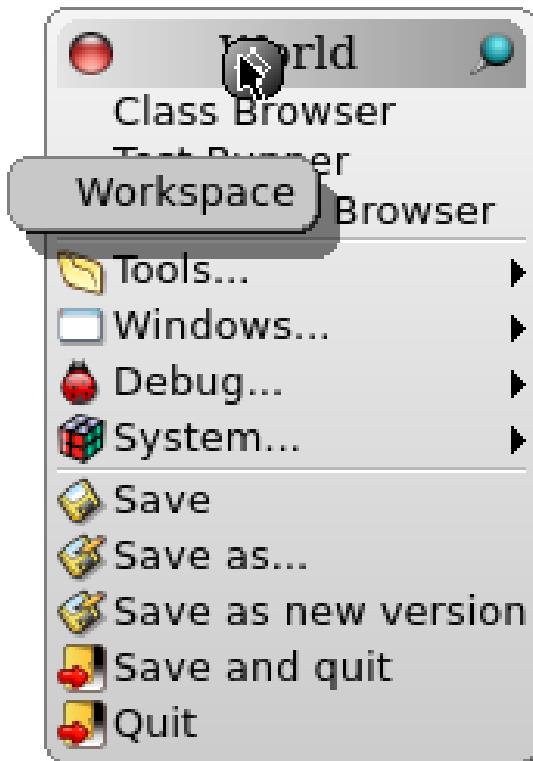


FIGURE 11.1 – Détacher l'option de menu `new morph...` pour en faire un bouton indépendant.

Un monde de morphs

Tous les objets que vous voyez à l'écran dans Pharo sont des *morphs* ; tous sont des instances des sous-classes de Morph. Morph est une grande classe avec de nombreuses méthodes qui permettent d'implémenter des sous-classes avec un comportement original avec très peu de code. Vous pouvez créer un morph pour représenter n'importe quel objet.

 Pour créer un morph représentant une chaîne de caractères, évaluer le code suivant dans un espace de travail, une ligne à la fois.

```
s := 'Morph' asMorph openInWorld.  
s openViewerForArgument
```

La première ligne crée un morph pour représenter la chaîne de caractères 'Morph' et l'affiche dans l'écran principal, le "world" (en français, nous dirions "monde" puisque la fenêtre Pharo est un *monde de morphs*). Vous pouvez manipuler cet objet graphique grâce au bouton rouge de la souris. La seconde ligne ouvre un visualiseur de commandes (ou *Viewer*) sous la forme d'un onglet permettant la manipulation graphique de ce morph. Vous pouvez y voir ses attributs tels que ses coordonnées x et y dans l'espace du *world* dans lequel le morph est apparu. Cliquer sur une icône de point d'exclamation jaune sur noir envoie un message au morph qui répond promptement.

Par exemple, vous pouvez sélectionner dans le menu de la boîte de contrôles inférieure de ce visualiseur de commandes l'option de mouvement nommée motion comme le montre la figure 11.2. Remarquez que le titre du visualiseur n'est pas le nom de la classe (ici StringMorph) mais le nom du morph ; comme notre morph n'a pas de nom, le visualiseur lui trouve un nom de morph en fonction de son origine : String. Si vous aviez l'idée de créer un second morph en reprenant le code plus haut et en replaçant, par exemple, le s par un t, vous obtiendrez certainement String1 comme nom temporairement attribué.

Nous partons ici du principe que le nom du morph est String.

 Cliquez le point d'exclamation de la commande String turn by 5 dans la boîte de contrôle inférieure du visualiseur de commandes. Vous pouvez voir le morph tourner sur son axe d'un angle de 5 degrés. Cliquez plusieurs fois pour faire faire un tour complet au Morph. Observez les valeurs de coordonnées se mettre à jour à chaque clic.

Vous pouvez vous amuser avec différentes commandes. Changez l'angle avec les flèches haut et bas. Cliquez sur String forward by 5 pour faire avancer votre morph de 5 pixels. Faites apparaître le halo Morphic via le bouton jaune de la souris et manipuler votre morph en cliquant sur les poignées  et . Remarquez les coordonnées évoluer dans le visualiseur de commandes.

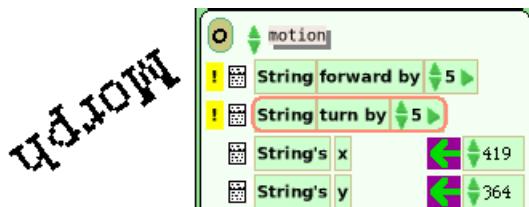


FIGURE 11.2 – Tourner le morph grâce au visualiseur de commandes.

Pour fermer le visualiseur, cliquez sur le bouton en forme de cercle en haut à gauche. Pour faire apparaître ce visualiseur de commandes, vous pouvez aussi utiliser le halo Morphic et cliquer sur la poignée nommée **Viewer**.

Notez que vous pouvez ranger le visualiseur au même titre que les fenêtres ; pour ce faire, cliquez sur l'icône miniature collée à gauche du visualiseur. Pour rappeler le visualiseur, vous n'aurez qu'à cliquer sur son icône placée sur le bord droit du *world*.

Personnaliser sa représentation

Revenons maintenant au code qui a créé ce morph. Tout repose sur la méthode qui fabrique un morph à partir d'une chaîne de caractères : cette méthode `asMorph` implémentée dans `String` crée un `StringMorph`. `asMorph` est implémentée par défaut dans `Object` donc tout objet peut être représenté par un morph. En réalité, la méthode `asMorph` dans `Object` fait appel à sa méthode dérivée dans `String`. Ainsi, tant qu'une classe n'a pas surchargée cette méthode, elle sera représentée par un `StringMorph`. Par exemple, évaluer `Color orange asMorph openInWorld` ouvrira un `StringMorph` dont le label sera le résultat de `Color orange printString` (comme en faisant un CMD-p sur `Color orange` dans un *Workspace*). Voyons comment obtenir un rectangle de couleur plutôt que ce `StringMorph`.

Ouvrez un navigateur de classes sur la classe `Color` et ajoute la méthode suivante dans le protocole `creation` :

Méthode 11.1 – Obtenir un morph d'une instance de `Color`

```
Color»asMorph
  ↑ Morph new color: self
```

Exécutez `Color blue asMorph openInWorld` dans un espace de travail. Fini le texte d'affichage `printString` ! Vous obtenez un joli rectangle bleu.

11.2 Manipuler les morphs

Puisque les morphs sont des objets, nous pouvons les manipuler comme n'importe quel autre objet dans Smalltalk *c-à-d.* par envoi de messages. Dès lors nous pouvons entre autre changer leurs propriétés ou créer de nouvelles sous-classes de Morph.

Qu'il soit affiché à l'écran ou non, tout morph a une position et une taille. Tous les morphs sont inclus, par commodité, dans une boîte englobante, *c-à-d.* une région rectangulaire occupant un certain espace de l'écran. Dans le cas des formes irrégulières, leur position et leur taille correspondent à celles du plus petit rectangle qui englobe la forme. Cette boîte englobante définit les limites (ou *bounds*) du morph. La méthode *position* retourne un Point qui décrit la position du coin supérieur gauche du morph (*c-à-d.* le coin supérieur gauche de sa boîte englobante). L'origine des coordonnées du système est le coin supérieur gauche de l'écran : la valeur de la coordonnée *y* augmente *en descendant* l'écran et la valeur de *x* augmente en allant de gauche à droite. La méthode *extent* renvoie aussi un point, mais ce point définit la largeur et la hauteur du morph plutôt qu'une position.

 Entrer le code suivant dans un espace de travail et évaluez-le (*do it*) :

```
joe := Morph new color: Color blue.  
joe openInWorld.  
bill := Morph new color: Color red.  
bill openInWorld.
```

Ce code affiche deux nouveaux morphs répondant aux noms de joe et bill : par défaut, un morph apparaît comme un rectangle de position (0@0) et de taille (50@40). Saisissez ensuite joe *position* et affichez son résultat par *print it*. Pour déplacer joe, exécutez joe *position:* (joe *position* + (10@3)) plusieurs fois. Vous pouvez modifier la taille aussi. Pour avoir la taille de joe, vous pouvez évaluer par *print it* l'expression joe *extent*. Pour le faire grandir, exécutez joe *extent:* (joe *extent* * 1.1). Pour changer la couleur d'un morph, envoyez-lui le message *color:* avec en argument un objet de classe *Color*, correspondant à la couleur désirée. Par exemple, joe *color:* Color orange. Pour ajouter la transparence, essayez joe *color:* (Color blue alpha: 0.5).

 Pour faire en sorte que bill suive joe, vous pouvez exécuter ce code de manière répétée :

```
bill position: (joe position + (100@0))
```

Si vous déplacez joe avec la souris et que vous exécutez ce code, bill se déplacera pour se positionner à 100 pixels à droite de joe.

11.3 Composer des morphs

Créer de nouvelles représentations graphiques peut se faire en plaçant un morph à l'intérieur d'un autre. C'est ce que nous appelons la *composition* ; les morphs peuvent être composés à l'infini. Pour ce faire, vous pouvez envoyer au morph contenant le message `addMorph:`:

 Ajoutez un morph à un autre avec le code suivant :

```
star := StarMorph new color: Color yellow.  
joe addMorph: star.  
star position: joe position.
```

La dernière ligne place l'étoile nommée `star` aux mêmes coordonnées que `joe`. Notez que les coordonnées du morph contenu sont toujours à la position absolue définie par rapport à l'écran, et non à la position relative définie par rapport au morph contenant. Plusieurs méthodes sont disponibles pour positionner un morph ; naviguez dans les méthodes du protocole *geometry* de la classe `Morph` pour le constater vous-même. Par exemple, centrer l'étoile dans `joe` revient à exécuter `Star center: joe center`.



FIGURE 11.3 – L'étoile de classe `StarMorph` est contenue dans `joe`, le morph bleu translucide.

Si vous attrapez l'étoile avec la souris, vous constaterez que vous prenez en réalité `joe` et que les deux morphs sont ensemble : l'étoile est *inclus* à l'intérieur de `joe`. Il est possible d'inclure plus de morphs dans `joe`. Les morphs inclus sont appelés des sous-morphs (en anglais, *submorphs*). Comme l'interface Morphic propose une interactivité directe pour tout morph, nous pouvons aussi faire notre inclusion de morphs en remplaçant la programmation par une simple manipulation à la souris.

 Si vous n'avez pas d'onglet `Supplies` (ou `Accessoires`) en bas d'écran, exéutez la ligne `Flaps enableGlobalFlaps` pour en créer un. Si vous n'obtenez rien, vous pouvez aussi cliquer sur `World > objects (o)` et vous rendre dans la catégorie `Graphics` de

cette fenêtre rose d'objets. Depuis cette fenêtre ou depuis l'onglet **Supplies**, déplacez une ellipse jaune nommée "Ellipse" et une étoile bleu pâle nommée "Star". Placez l'étoile sur l'ellipse et cliquez avec le bouton rouge de la souris en maintenant la touche **Control** enfonce. Vous obtenez ainsi un menu¹. Sélectionnez **embed into ▷ Ellipse**. Maintenant votre étoile et votre ellipse bougent ensemble.

Pour déplacer le sous-morph *star*, évaluez `joe removeMorph: star` ou `star delete`. Là encore, une manipulation directe est possible :

 Cliquez avec le bouton bleu de la souris deux fois sur l'étoile bleu pâle. Glisser l'étoile hors de l'ellipse en utilisant la poignée .

Le premier clic affiche le halo Morphic de l'ellipse ; le second clic affiche celui de l'étoile. Chaque clic change la mise au point en descendant la hiérarchie des inclusions.

11.4 Dessiner ses propres morphs

Bien qu'il soit possible de faire des représentations graphiques utiles et intéressantes par composition de morphs, vous aurez parfois besoin de créer quelque chose de complètement différent. Pour ce faire, vous définissez une sous-classe de `Morph` et surchargez la méthode `drawOn:` pour personnaliser son apparence.

L'interface Morphic envoie un message `drawOn:` à un morph à chaque fois qu'il est nécessaire de rafraîchir l'affichage du morph à l'écran. Le paramètre passé à `drawOn:` est un type de canevas de classe `Canvas` ; le morph s'affichera alors lui-même sur ce canevas dans ses limites. Utilisons cette connaissance pour créer un morph en forme de croix.

 Utilisez le navigateur de classes, définissez une nouvelle classe `CrossMorph` héritée de `Morph` :

Classe 11.2 – Définir la classe CrossMorph

```
Morph subclass: #CrossMorph
instanceVariableNames: ""
classVariableNames: ""
poolDictionaries: ""
category: 'PBE-Morphic'
```

Nous pouvons définir la méthode `drawOn:` ainsi :

Méthode 11.3 – Dessiner un CrossMorph

-
1. Vous pouvez aussi cliquer avec le bouton bleu de la souris pour afficher le halo Morphic et cliquer sur la poignée rouge de menu.

```
drawOn: aCanvas
  "crossHeight est la hauteur de la barre horizontale horizontalBar
  et crossWidth est la largeur de la barre verticale verticalBar"
  | crossHeight crossWidth horizontalBar verticalBar |
  crossHeight := self height / 3.0 .
  crossWidth := self width / 3.0 .
  horizontalBar := self bounds insetBy: 0 @ crossHeight.
  verticalBar := self bounds insetBy: crossWidth @ 0.
  aCanvas fillRectangle: horizontalBar color: self color.
  aCanvas fillRectangle: verticalBar color: self color
```

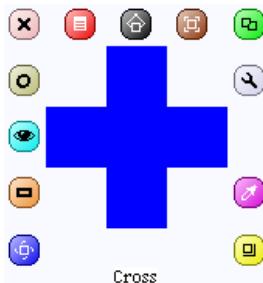


FIGURE 11.4 – Un nouveau morph en forme de croix de classe `CrossMorph` avec son halo. Vous pouvez redimensionner cette croix grâce à la poignée inférieure droite de couleur jaune.

Envoyer le message `bounds` à un morph renvoie sa boîte englobante, instance de la classe `Rectangle`. Les rectangles comprennent plusieurs messages qui créent d'autres rectangles de même géométrie ; dans notre méthode, nous utilisons le message `insetBy:` avec un point comme argument pour créer une première fois un rectangle de hauteur (en anglais, *height*) réduite, puis pour créer un autre rectangle de largeur (en anglais, *width*) réduite.

 Pour tester votre nouveau morph, évaluer l'expression `CrossMorph new openInWorld.`

Le résultat devrait être semblable à celui de la figure 11.4. Cependant, vous remarquerez que toute la boîte englobante est sensible à la souris (vous pouvez cliquer en dehors de la croix et interagir ou déplacer celle-ci). Corrigeons ceci en rendant la seule surface de la croix sensible à la souris.

Lorsque la librairie Morphic a besoin de trouver quels morphs se trouvent sous le curseur, elle envoie le message `containsPoint:` à tous les morphs qui ont leur boîte englobante sous le pointeur de la souris. Cette méthode répond vrai lorsque le point-argument est contenu dans la forme définie. Pour limiter la zone sensible du morph à la forme de la croix, vous devez surcharger la méthode `containsPoint:..`

 Définissez la méthode `containsPoint:` dans la classe `CrossMorph` :

Méthode 11.4 – Modeler la zone sensible à la souris des instances de `CrossMorph`

```
containsPoint: aPoint
| crossHeight crossWidth horizontalBar verticalBar |
crossHeight := self height / 3.0.
crossWidth := self width / 3.0.
horizontalBar := self bounds insetBy: 0 @ crossHeight.
verticalBar := self bounds insetBy: crossWidth @ 0.
↑ (horizontalBar containsPoint: aPoint)
or: [verticalBar containsPoint: aPoint]
```

Cette méthode suit la même logique que la méthode `drawOn:`, nous sommes donc sûrs que les points pour lesquels `containsPoint:` retourne true sont les mêmes points qui seront colorés par `drawOn:`. Notez qu'à la dernière ligne nous avons profité de la méthode `containsPoint:` de la classe `Rectangle` pour faire l'essentiel du travail.

Il reste tout de même deux problèmes avec ce code dans les méthodes 11.3 et 11.4. Le plus remarquable est que nous avons du code dupliqué. C'est une erreur fondamentale : si vous avez besoin de modifier la façon dont `horizontalBar` ou `verticalBar` sont calculées, vous risquez d'oublier de reporter les changements effectués d'une méthode à l'autre. La solution consiste à éliminer la redondance en refactorisant ces calculs dans deux nouvelles méthodes que nous plaçons dans le protocole `private` :

Méthode 11.5 – `horizontalBar`

```
horizontalBar
| crossHeight |
crossHeight := self height / 3.0.
↑ self bounds insetBy: 0 @ crossHeight
```

Méthode 11.6 – `verticalBar`

```
verticalBar
| crossWidth |
crossWidth := self width / 3.0.
↑ self bounds insetBy: crossWidth @ 0
```

Nous pouvons ensuite définir les méthodes `drawOn:` et `containsPoint:` ainsi :

Méthode 11.7 – Refactoriser `CrossMorph»drawOn:`

```
drawOn: aCanvas
aCanvas fillRectangle: self horizontalBar color: self color.
aCanvas fillRectangle: self verticalBar color: self color
```

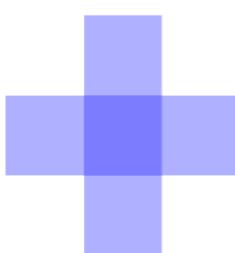


FIGURE 11.5 – Le centre de la croix est rempli deux fois avec la couleur.

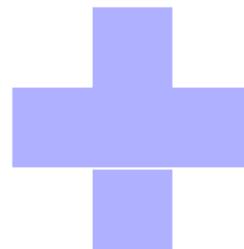


FIGURE 11.6 – Le morph en forme de croix présente une ligne de pixels non remplis.

Méthode 11.8 – Refactoriser CrossMorph»containsPoint:

```
containsPoint: aPoint
    ↑ (self horizontalBar containsPoint: aPoint)
    or: [self verticalBar containsPoint: aPoint]
```

Ce code est plus simple à comprendre principalement parce que nous avons donné des noms parlants à ces méthodes privées. En fait, notre simplification a mis en avant notre second problème : la zone centrale de notre croix, à la croisée des barres horizontales et verticales, est dessinée deux fois. Ce n'est pas très problématique tant que notre croix est de couleur opaque, mais l'erreur devient clairement apparente si nous dessinons une croix semi-transparente, comme nous pouvons le voir sur la figure 11.5.

Évaluez ligne par ligne le code suivant dans un espace de travail :

```
m := CrossMorph new bounds: (0@0 corner: 300@300).
m openInWorld.
m color: (Color blue alpha: 0.3).
```

La correction repose sur la division de la barre verticale en trois morceaux et sur le remplissage uniquement des deux morceaux supérieurs et inférieurs. Encore une fois, nous trouvons une méthode dans la classe Rectangle qui va bien nous aider : r1 areasOutside: r2 retourne un tableau de rectangles comprenant les parties de r1 exclus de r2.

Le code revisité de la méthode drawOn: peut s'écrire comme suit :

Méthode 11.9 – La méthode drawOn: revisitée pour ne remplir le centre qu'une seule fois

```
drawOn: aCanvas
    "topAndBottom est un tableau des parties de verticalBar tronqué"
    | topAndBottom |
```

```
aCanvas fillRectangle: self horizontalBar color: self color.
topAndBottom := self verticalBar areasOutside: self horizontalBar.
topAndBottom do: [ :each | aCanvas fillRectangle: each color: self color]
```

Ce code semble fonctionner mais, suivant la taille des croix (que vous pouvez obtenir en les dupliquant et en les redimensionnant avec le halo Morphic), vous pouvez constater qu'une ligne d'un pixel de haut peut séparer la base de la croix du reste, comme le montre la figure 11.6. Ceci est du à un problème de troncature : lorsque la taille d'un rectangle à remplir n'est pas un entier, `fillRectangle: color:` semble mal arrondir et laisse donc une ligne de pixels non remplis. Nous pouvons résoudre ce problème en arrondissant explicitement lors du calcul des tailles des barres.

Méthode 11.10 – CrossMorph»horizontalBar avec troncature explicite

```
horizontalBar
| crossHeight |
crossHeight := (self height / 3.0) rounded.
↑ self bounds insetBy: 0 @ crossHeight
```

Méthode 11.11 – CrossMorph»verticalBar avec troncature explicite

```
verticalBar
| crossWidth |
crossWidth := (self width / 3.0) rounded.
↑ self bounds insetBy: crossWidth @ 0
```

11.5 Interaction et animation

Pour construire des interfaces utilisateur vivantes avec les morphs, nous avons besoin de pouvoir interagir avec elles en utilisant la souris et le clavier. En outre, les morphs doivent être capable de répondre aux interactions de l'utilisateur en changeant leur apparence et leur position, autrement dit, en s'animant eux-mêmes.

Les événements souris

Quand un bouton de la souris est pressé, Morphic envoie à chaque morph sous le pointeur de la souris le message `handlesMouseDown:`. Si un morph répond `true`, Morphic lui envoie immédiatement le message `mouseDown:`. Lorsque le bouton de la souris est relâché, Morphic envoie `mouseUp:` à ces mêmes morphs qui avaient répondu positivement. Si tous les morphs retournent `false`, Morphic entame une opération de saisie en prévision du glisser-déposer. Comme nous allons le voir, les messages `mouseDown:` et `mouseUp` sont

envoyés avec un argument — un objet de classe `MouseEvent` — qui contient les détails de l'action de la souris.

Ajoutons la gestion des événements souris à notre classe `CrossMorph` en commençant par nous assurer que toutes nos croix répondent true au message `handlesMouseDown:`:

 Ajoutez la méthode suivante à la classe `CrossMorph` :

Méthode 11.12 – *Déclarer que CrossMorph réagit aux clics de souris*

```
CrossMorph»handlesMouseDown: anEvent
```

```
↑true
```

Supposons que vous voulez que la couleur de la croix passe au rouge (`Color red`) à chaque clic du bouton rouge de la souris et qu'elle passe au jaune (`Color yellow`) lorsque le bouton enfoncé est le bouton jaune. Nous devons créer la méthode 11.13.

Méthode 11.13 – *Réagir aux clics de la souris en changeant la couleur de la croix*

```
CrossMorph»mouseDown: anEvent
```

```
anEvent redButtonPressed
```

```
    ifTrue: [self color: Color red].
```

```
anEvent yellowButtonPressed
```

```
    ifTrue: [self color: Color yellow].
```

```
self changed
```

Remarquez que non seulement cette méthode change la couleur de notre morph, mais qu'elle envoie aussi le message `self changed`. Ce message assure que Morphic envoie `drawOn:` de façon assez rapide. Notez aussi qu'une fois qu'un morph gère les événements souris, vous ne pouvez plus l'attraper avec la souris pour le déplacer. Dès lors, vous devez utiliser le halo Morphic en cliquant dessus avec le bouton bleu : les poignées supérieurs noir  et marron  vous permettent respectivement de prendre et déplacer ce morph.

L'argument `anEvent` de `mouseDown:` est une instance de `MouseEvent`, sous-classe de `MorphicEvent`. `MouseEvent` définit les méthodes `redButtonPressed` pour la gestion du clic au bouton rouge de la souris et `yellowButtonPressed` pour celle du clic au bouton jaune. Parcourez cette classe pour en savoir plus sur les autres méthodes disponibles pour la gestion des événements souris.

Les événements clavier

La capture des événements clavier se déroule en trois étapes. Morphic devra :

1. activer votre morph pour la gestion du clavier par la “mise au point” sous une certaine condition, disons, lorsque la souris est au-dessus du morph ;
2. gérer l’événement proprement dit avec la méthode handleKeystroke: — ce message est envoyé au morph quand vous pressez une touche et qu’il a déjà reçu la mise au point (en anglais, *keyboard focus*) ;
3. libérer la mise au point lorsque la condition de la première étape n’est plus remplie, disons, quand la souris n’est plus au-dessus du morph.

Occupons-nous de CrossMorph pour que nos croix réagissent à certaines touches du clavier. Tout d’abord, nous avons besoin d’être informé que la souris est au-dessus de la surface de notre morph : dans ce cas, le morph doit répondre true au message handlesMouseOver::

 Déclarez que CrossMorph réagit lorsque il est sous le pointeur de la souris.

Méthode 11.14 – Gérer les événements souris “mouse over”

```
CrossMorph»handlesMouseOver: anEvent
  ↑true
```

Ce message est équivalent à handlesMouseDown: utilisé pour la position de la souris. Les messages mouseEnter: et mouseLeave: sont envoyés respectivement lorsque le pointeur de la souris entre dans l’espace du morph ou sort de celui-ci.

 Définissez deux méthodes grâce auxquelles un morph CrossMorph peut activer et libérer la mise au point sur le clavier. Créez ensuite une troisième méthode pour gérer l’interaction via la saisie des touches.

Méthode 11.15 – Activer la mise au point sur le clavier lorsque la souris entre dans l’espace du morph

```
CrossMorph»mouseEnter: anEvent
  anEvent hand newKeyboardFocus: self
```

Méthode 11.16 – Libérer la mise au point sur le clavier lorsque la souris sort de l’espace du morph

```
CrossMorph»mouseLeave: anEvent
  anEvent hand newKeyboardFocus: nil
```

Méthode 11.17 – Capturer et gérer les événements clavier

```
CrossMorph»handleKeystroke: anEvent
  | keyValue |
  keyValue := anEvent keyValue.
```

```

keyValue = 30  "flèche du haut"
ifTrue: [self position: self position - (0 @ 1)].
keyValue = 31  "flèche du bas"
ifTrue: [self position: self position + (0 @ 1)].
keyValue = 29  "flèche de droite"
ifTrue: [self position: self position + (1 @ 0)].
keyValue = 28  "flèche de gauche"
ifTrue: [self position: self position - (1 @ 0)]

```

La méthode que nous venons d'écrire vous permet de déplacer notre croix avec les touches fléchées. Remarquez que quand la souris n'est pas sur la croix, le message `handleKeystroke:` n'est pas envoyé : dans ce cas, la croix ne répond pas aux commandes clavier. Vous pouvez connaître la valeur des touches saisies au clavier en ouvrant une fenêtre Transcript et en ajoutant à méthode 11.17 la ligne `Transcript show: anEvent keyValue.` L'événement-argument `anEvent` de `handleKeystroke` est une instance de la classe `KeyboardEvent`, sous-classe de `MorphicEvent`. Naviguez dans cette classe pour connaître les méthodes de gestion des événements clavier.

Les animations Morphic

Pour l'essentiel, Morphic permet de composer et d'automatiser de simples animations grâce à quatre méthodes :

- `step` qui est envoyé au morph à un *tempo* régulier pour construire le comportement de l'animation ;
- `stepTime` qui définit l'intervalle de temps en millisecondes entre chaque envoi du message `step`² ;
- `startStepping` démarre l'animation au rythme du métronome `stepTime` ;
- `stopStepping` arrête l'animation.

À ces méthodes s'ajoutent une méthode de test `isStepping` pour savoir si le morph est en cours d'animation.

 Faites clignoter le CrossMorph en définissant les méthodes suivantes :

Méthode 11.18 – Définir la périodicité de l'animation

```

CrossMorph»stepTime
↑ 100

```

Méthode 11.19 – Construire le comportement de l'animation

```

CrossMorph»step
(self color diff: Color black) < 0.1

```

2. `stepTime` est en réalité le temps *minimum* entre les envois du message `step`. Si vous demandez un *tempo* `stepTime` de 1 ms, ne soyez pas étonné si Pharo est trop occupé pour que le rythme de l'animation de votre morph tienne cette cadence.

```
ifTrue: [self color: Color red]
ifFalse: [self color: self color darker]
```

Pour démarrer l'animation, vous pouvez ouvrir un inspecteur sur votre objet CrossMorph : cliquez sur la poignée de débogage  du halo Morphic de votre croix (activé avec le bouton bleu de la souris) puis choisissez `inspect morph` dans le menu flottant. Entrez l'expression `self startStepping` dans le mini-espace de travail situé dans le bas de l'inspecteur et faites un `do it`. Pour arrêter l'animation, vous n'avez qu'à évaluer `self stopStepping` dans l'inspecteur. Pour démarrer et arrêter l'animation de façon plus efficace, vous pouvez ajouter des contrôles supplémentaires au clavier. Par exemple, vous pouvez modifier la méthode `handleKeystroke:` pour que la touche `+` démarre le clignotement de la croix et que la touche `-` le stoppe.

 Ajoutez le code suivant à méthode 11.17 :

```
keyValue = $+ asciiValue
    ifTrue: [self startStepping].
keyValue = $- asciiValue
    ifTrue: [self stopStepping].
```

Les interacteurs

Morphic dispose de morphs commodes pour créer en quelques lignes de code des interactions avec l'utilisateur. Parmi eux, nous avons la classe `FillInTheBank` qui offre quelques boîtes de dialogue prêtes à l'emploi pour fournir à l'utilisateur une zone de saisie. La méthode `request:initialAnswer:` renvoie une chaîne de caractères entrée par l'utilisateur (voir la figure 11.7).

Pour afficher le menu flottant (en anglais, *pop-up menu*), vous devez faire appel à la classe `PopupMenu` :

```
menu := PopUpMenu
    labelArray: #(' cercle' ' ovale' ' carré' ' rectangle' ' triangle')
    lines: #(2 4).
menu startUpWithCaption: 'Choisissez une forme'
```

11.6 Le glisser-déposer

Morphic supporte aussi le glisser-déposer. Étudions l'exemple suivant. Créons tout d'abord un morph receveur qui n'acceptera un morph que si le dépôt de ce morph se fait dans une certaine condition. Créons ensuite un second morph que nous appelons morph déposé. Le fait que le morph soit bleu (`Color blue`) sera notre condition pour que le glisser-déposé se fasse ici.

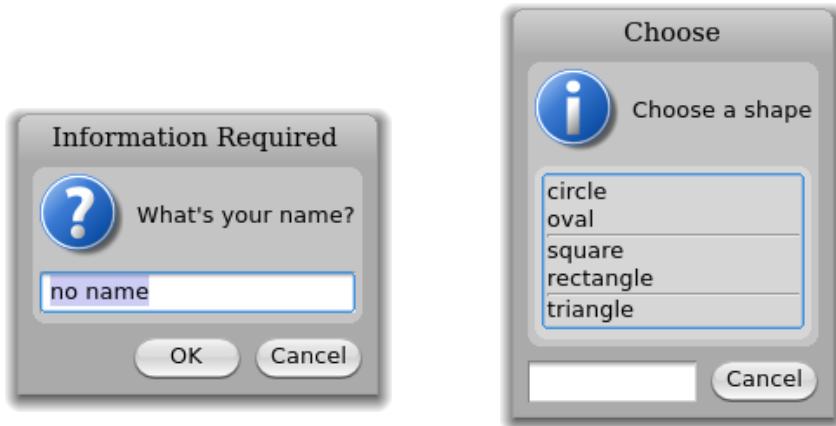


FIGURE 11.7 – Une boîte de dialogue affichée par FillInTheBlank request: 'Quel est votre nom?' initialAnswer: 'sans nom'.

FIGURE 11.8 – Un menu flottant affiché grâce à PopUpMenu»startUpWithCaption:

 Définissez la classe pour le morph receveur et créez une méthode d'initialisation comme suit :

Classe 11.20 – Définir un morph sur lequel un autre morph pourra être déposé

```
Morph subclass: #ReceiverMorph
instanceVariableNames: ""
classVariableNames: ""
poolDictionaries: ""
category: 'PBE-Morphic'
```

Méthode 11.21 – Initialiser un objet ReceiverMorph

```
ReceiverMorph»initialize
super initialize.
color := Color red.
bounds := 0 @ 0 extent: 200 @ 200
```

Comment décidons-nous si le receveur va accepter ou refuser le morph déposé ? En général, ces deux morphs devront s'accorder sur leur interaction. Le receveur fait cela en répondant au message wantsDroppedMorph:event: ; le premier argument est le morph que nous voulons déposer et le second est l'événement souris. Ce dernier argument permet, par exemple, au receveur de savoir si une (ou plusieurs) touche de modification a été maintenue enfoncée durant la phase de dépôt de l'autre morph. Le morph déposé, quant à lui, se

doit de vérifier s'il est compatible avec le morph sur lequel il est déposé ; le message `wantsToBeDroppedInto:` doit répondre true si le morph receveur passé en argument est défini comme compatible. L'implémentation de cette méthode dans la classe mère des morphs `Morph` renvoie toujours true donc, par défaut, tous les morphs sont acceptés en tant que receveur.

Méthode 11.22 – Accepter les morphs déposés selon leur couleur

```
ReceiverMorph»wantsDroppedMorph: aMorph event: anEvent
    ↑ aMorph color = Color blue
```

Qu'arrive-t-il au morph déposé si le morph receveur ne veut pas de lui ? Le comportement par défaut de l'interface `Morphic` est de ne rien faire, *c.-à-d.* de laisser le morph déposé au-dessus du morph receveur sans aucune interaction avec celui-ci. Le morph déposé aurait un comportement plus intuitif s'il retournait à sa position d'origine en cas de refus. Nous pouvons faire cela en disant au receveur de répondre true au message `repelsMorph:event:` lorsque celui-ci ne veut pas du morph déposé :

Méthode 11.23 – Changer le comportement du morph déposé lorsqu'il est rejeté

```
ReceiverMorph»repelsMorph: aMorph event: anEvent
    ↑ (self wantsDroppedMorph: aMorph event: anEvent) not
```

C'est tout ce dont nous avons besoin.

 Créez des instances de `ReceiverMorph` et de `EllipseMorph` dans un espace de travail :

```
ReceiverMorph new openInWorld.
EllipseMorph new openInWorld.
```

Essayez de faire un glisser-déposer de l'ellipse jaune `EllipseMorph` sur le morph receveur rouge. Il sera rejeté et retournera à sa position initiale.

 Changez la couleur de l'ellipse pour du bleu via l'inspecteur (que vous pouvez activer avec le menu de la poignée du débogage du halo `Morphic` en cliquant sur `inspect morph`) : évaluez `self color: Color blue`. Les morphs bleus étant acceptés par le `ReceiverMorph` : essayez à nouveau le glisser-déposer.

Bravo ! Vous venez de faire un glisser-déposer.

Continuons à explorer le glisser-déposer en créant un morph déposé spécifique nommé `DroppedMorph`, sous-classe de `Morph` :

Classe 11.24 – Définir un morph que nous pouvons glisser-déposer sur un `ReceiverMorph`

```
Morph subclass: #DroppedMorph
instanceVariableNames: "
```

```
classVariableNames: "
poolDictionaries: "
category: 'PBE-Morphic'
```

Méthode 11.25 – Initialiser DroppedMorph

```
DroppedMorph»initialize
super initialize.
color := Color blue.
self position: 250@100
```

Nous voulons que le morph déposé ait un nouveau comportement lorsqu'il est rejeté par le receveur ; cette fois-ci, il restera attaché au pointeur de la souris :

Méthode 11.26 – Réagir lorsque le morph est rejeté lors du dépôt

```
DroppedMorph»rejectDropMorphEvent: anEvent
| h |
h := anEvent hand.
WorldState
    addDeferredUIMessage: [h grabMorph: self].
anEvent wasHandled: true
```

L'envoi du message hand à un événement répond la "main" (en anglais, *hand*), instance de HandMorph qui représente le pointeur de la souris et tout ce qu'il tient. Dans notre méthode, nous disons à l'écran Pharo, World, que la main (stockée dans la variable temporaire *h*) doit capturer le morph rejeté *self* grâce au message *grabMorph:*. La méthode *wasHandled:* détermine si l'événement était capturé.

 *Créer deux instances de DroppedMorph et faites un glisser-déposer pour chacune sur le receveur.*

```
ReceiverMorph new openInWorld.
(DroppedMorph new color: Color blue) openInWorld.
(DroppedMorph new color: Color green) openInWorld.
```

Le morph vert (Color green) est rejeté et reste ainsi attaché au pointeur de la souris.

11.7 Le jeu du dé

Lançons-nous maintenant dans la création d'un jeu du dé complet. Nous voulons faire défiler toutes les faces d'un dé dans une boucle rapide suite à



FIGURE 11.9 – Le dé dans Morphic.

un premier clic de souris sur la surface de ce dé puis, lors d'un second clic, arrêter l'animation sur une face.

 Définissez un dé comme une sous-classe de BorderedMorph définissant un Morph avec un bord : appelez-le DieMorph (dé se dit die en anglais).

Classe 11.27 – Définir le dé DieMorph

```
BorderedMorph subclass: #DieMorph
instanceVariableNames: 'faces dieValue isStopped'
classVariableNames: ''
poolDictionaries: ''
category: 'PBE-Morphic'
```

La variable d'instance `faces` stocke le nombre de faces de notre dé ; nous nous autorisons à avoir des dés jusqu'à neuf faces ! `dieValue` contient la valeur de la face affichée en ce moment et `isStopped` est un booléen qui est true si et seulement si l'animation est à l'arrêt. Nous allons définir la *méthode de classe* `faces: n` dans le côté classe de `DieMorph` pour pouvoir créer un nouveau dé à `n` faces.

Méthode 11.28 – Créer un nouveau dé avec un nombre de faces déterminé

```
DieMorph class»faces: aNumber
  ↑ self new faces: aNumber
```

La méthode `initialize` est définie dans le côté instance de la classe ; souvenez-vous que `new` envoie `initialize` à toute instance nouvellement créée.

Méthode 11.29 – Initialiser les instances de DieMorph

```
DieMorph»initialize
super initialize.
self extent: 50 @ 50.
self useGradientFill; borderWidth: 2; useRoundedCorners.
self setBorderStyle: #complexRaised.
self fillStyle direction: self extent.
self color: Color green.
```

```
dieValue := 1.  
faces := 6.  
isStopped := false
```

Nous utilisons quelques méthodes de la classe `BorderedMorph` pour donner un aspect sympathique à notre dé : bordure épaisse avec un effet de relief, coins arrondis et dégradé de couleur sur la face visible. Nous définissons ensuite la méthode d'instance `faces:` pour affecter la variable d'instance — il s'agit d'une méthode d'accès de type mutateur — en vérifiant que le paramètre est bien valide :

Méthode 11.30 – Affecter le nombre correspondant à la face visible de dé

```
DieMorph»faces: aNumber  
"Affecter le num\ero de la face"  
(aNumber isInteger  
    and: [aNumber > 0]  
    and: [aNumber <= 9])  
ifTrue: [faces := aNumber]
```

Comprenez bien l'ordre dans lequel les messages sont envoyés lors de la création d'un dé. Si nous évaluons `DieMorph faces: 9` :

1. la méthode de classe `DieMorph class»faces:` envoie `new` à `DieMorph class` ;
2. la méthode pour `new` (héritée par `DieMorph class` de `Behavior`) crée la nouvelle instance et lui envoie le message `initialize` ;
3. la méthode `initialize` de `DieMorph` affecte la valeur initiale 6 à `faces` ;
4. `DieMorph class»new` retourne à la méthode de classe `DieMorph class»faces:` qui envoie ensuite le message `faces: 9` à la nouvelle instance ;
5. la méthode d'instance `DieMorph»faces:` s'exécute maintenant en affectant à la valeur 9 la variable d'instance `faces`.

Pour positionner les points noirs sur la face du dé, nous devons besoin de définir autant de méthodes qu'il y a de faces possibles :

Méthodes 11.31 – Neuf méthodes pour placer les points noirs sur la face visible du dé

```
DieMorph»face1  
↑{0.5@0.5}  
DieMorph»face2  
↑{0.25@0.25 . 0.75@0.75}  
DieMorph»face3  
↑{0.25@0.25 . 0.75@0.75 . 0.5@0.5}  
DieMorph»face4  
↑{0.25@0.25 . 0.75@0.25 . 0.75@0.75 . 0.25@0.75}  
DieMorph»face5  
↑{0.25@0.25 . 0.75@0.25 . 0.75@0.75 . 0.25@0.75 . 0.5@0.5}
```

```

DieMorph»face6
↑{0.25@0.25 . 0.75@0.25 . 0.75@0.75 . 0.25@0.75 . 0.25@0.5 . 0.75@0.5}
DieMorph»face7
↑{0.25@0.25 . 0.75@0.25 . 0.75@0.75 . 0.25@0.75 . 0.25@0.5 . 0.75@0.5 . 0.5@0.5}

DieMorph »face8
↑{0.25@0.25 . 0.75@0.25 . 0.75@0.75 . 0.25@0.75 . 0.25@0.5 . 0.75@0.5 . 0.5@0.5
. 0.5@0.25}
DieMorph »face9
↑{0.25@0.25 . 0.75@0.25 . 0.75@0.75 . 0.25@0.75 . 0.25@0.5 . 0.75@0.5 . 0.5@0.5
. 0.5@0.25 . 0.5@0.75}

```

Ces méthodes définissent des collections de coordonnées de points pour chaque configuration de faces possible. Les coordonnées sont dans un carré de dimension 1×1 . Pour placer nos points, nous effectuons simplement un changement d'échelle.

Enfin, pour dessiner la face du dé, nous définissons la méthode `drawOn:` qui fera d'abord un envoi sur `super`, utilisant la méthode définie dans une classe-mère pour dessiner le fond de la face, et qui exploitera, dans un deuxième temps, les méthodes créées précédemment pour dessiner les points noirs.

Méthode 11.32 – Dessiner le dé

```

DieMorph»drawOn: aCanvas
super drawOn: aCanvas.
(self perform: ('face' , dieValue asString) asSymbol)
do: [:aPoint | self drawDotOn: aCanvas at: aPoint]

```

Les capacités réflexives de Smalltalk sont utilisées dans la dernière expression de cette méthode. Dessiner les points noirs d'une face revient à itérer sur la collection de coordonnées retournée par la méthode `faceX` (`X` est issu de la variable d'instance `dieValue` correspondant au numéro de la face en cours), en envoyant le message `drawDotOn:at:` pour chacune de ces coordonnées. Pour joindre la bonne méthode `faceX`, nous utilisons la méthode `perform:` qui envoie le message construit à partir d'une chaîne de caractères `('face' , dieValue asString) asSymbol`. Cet usage de la méthode `perform:` est très fréquent.

Méthode 11.33 – Dessiner un simple point noir sur une face

```

DieMorph»drawDotOn: aCanvas at: aPoint
aCanvas
fillOval: (Rectangle
center: self position + (self extent * aPoint)
extent: self extent / 6)
color: Color black

```

Puisque les coordonnées sont normées dans l'intervalle $[0:1]$, elles sont mises à l'échelle des dimensions du dé avec `self extent * aPoint`.

 Créez une instance de dé dans un espace de travail :

```
(DieMorph faces: 6) openInWorld.
```

Pour pouvoir modifier la valeur de la face visible, nous devons créer un mutateur aussi pour dieValue. Grâce à elle, nous pourrions, par exemple, afficher la face à 4 points depuis une nouvelle méthode de la classe en y écrivant self dieValue: 4.

Méthode 11.34 – Affecter un nombre à la valeur courante du dé

```
DieMorph»dieValue: aNumber
  (aNumber isInteger
    and: [aNumber > 0]
    and: [aNumber <= faces])
  ifTrue:
    [dieValue := aNumber.
    self changed]
```

Nous allons utiliser le système d'animation pour faire défiler rapidement et aléatoirement (avec le message atRandom) toutes les faces du dé :

Méthodes 11.35 – Animer le dé

```
DieMorph»stepTime
  ↑ 100

DieMorph»step
  isStopped ifFalse: [self dieValue: (1 to: faces) atRandom]
```

Désormais, notre dé “roule” !

Pour démarrer ou arrêter l'animation par un clic de souris, nous utiliserons ce que nous avons préalablement appris sur les événements souris. Nous activons la réception des événements de la souris et nous décrivons notre gestion du bouton rouge de la souris dans la méthode mouseDown:.

Méthodes 11.36 – Gérer les clics de souris pour démarrer et arrêter l'animation

```
DieMorph»handlesMouseDown: anEvent
  ↑ true

DieMorph»mouseDown: anEvent
  anEvent redButtonPressed
    ifTrue: [isStopped := isStopped not]
```

Maintenant notre dé “roule” ou se fige quand nous cliquons dessus.

11.8 Gros plan sur le canevas

La méthode `drawOn:` a un canevas, instance de `Canvas`, comme unique argument ; le canevas est l'espace dans lequel le morph se dessine. En utilisant les méthodes graphiques du canevas, vous êtes libre de donner l'apparence que vous voulez à votre morph. Si vous parcourez la hiérarchie d'héritage de la classe `Canvas`, vous constaterez plusieurs variantes. Par défaut, nous utilisons `FormCanvas`. Cette classe et sa classe-mère `Canvas` contiennent les méthodes graphiques essentielles pour dessiner des points, des lignes, des polygones, des rectangles, des ellipses, du texte et des images avec rotation et changement d'échelle.

Vous pouvez aussi utiliser d'autres types de canevas pour obtenir, par exemple, des méthodes supplémentaires ou encore, ajouter la transparence ou l'anti-crénelage (ou *anti-aliasing*³) aux morphs. Vous aurez besoin dans ces cas-là de canevas tels que `AlphaBlendingCanvas` ou `BalloonCanvas`. Pour obtenir un canevas différent dans la méthode `drawOn:` alors que son argument est une instance de `FormCanvas`, vous devrez court-circuiter le canevas courant par un autre.

❶ Redéfinissez `drawOn:` de la classe `DieMorph` pour utiliser un canevas semi-transparent :

Méthode 11.37 – Dessiner un dé semi-transparent

```
DieMorph»drawOn: aCanvas
| theCanvas |
theCanvas := aCanvas asAlphaBlendingCanvas: 0.5.
super drawOn: theCanvas.
(self perform: ('face' , dieValue asString) asSymbol)
do: [:aPoint | self drawDotOn: theCanvas at: aPoint]
```

C'est tout ce dont nous avons besoin !

Vous pouvez parcourir la méthode `asAlphaBlendingCanvas:` par curiosité. Pour profiter de l'anti-crénelage, vous pouvez aussi utiliser `BalloonCanvas` et changer la méthode d'affichage des points noirs de notre dé comme dans méthodes 11.38.

Méthodes 11.38 – Dessiner un dé avec anti-crénelage

```
DieMorph»drawOn: aCanvas
| theCanvas |
theCanvas := aCanvas asBalloonCanvas aaLevel: 3.
super drawOn: aCanvas.
(self perform: ('face' , dieValue asString) asSymbol)
do: [:aPoint | self drawDotOn: theCanvas at: aPoint]
```

3. Ce rendu est utilisé pour atténuer ou éliminer l'effet escalier des pixels.

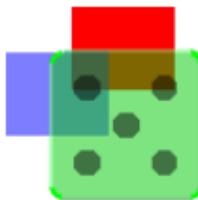


FIGURE 11.10 – Le dé semi-transparent.

```
DieMorph»drawDotOn: aCanvas at: aPoint
  aCanvas
    drawOval: (Rectangle
      center: self position + (self extent * aPoint)
      extent: self extent / 6)
    color: Color black
    borderWidth: 0
    borderColor: Color transparent
```

11.9 Résumé du chapitre

Morphic est une librairie graphique dans laquelle les éléments de l'interface graphique peuvent être composés dynamiquement. Vous pouvez :

- convertir un objet en *morph* et l'afficher sur l'écran de Pharo, le *world*, en lui envoyant le message `asMorph openInWorld` ;
- faire apparaître le halo Morphic en cliquant avec le bouton bleu de la souris sur un morph et manipuler ce morph grâce aux poignées du halo. Ces poignées ont des ballons d'aide (ou *help balloons*) qui détaillent leur action ;
- composer des morphs en les emboîtant les uns dans les autres, soit par glisser-déposer, soit par envoi du message `addMorph:` ;
- dériver la classe d'un morph et redéfinir ses méthodes-clés telles que `initialize` et `drawOn:` ;
- contrôler la façon dont réagit un morph avec les événements issus de la souris et du clavier en redéfinissant les méthodes comme, par exemple, `handlesMouseDown:` et `handlesMouseOver:` ;
- animer un morph en définissant les méthodes `step` (ce que fait le morph) et `stepTime` (le nombre de millisecondes entre les pas) ;
- trouver différents morphs pré-définis pour l'interactivité de l'utilisateur comme `PopUpMenu` ou `FillInTheBlank` ;
- explorer les méthodes graphiques des différents canevas, instances de `Canvas` ou de sous-classes, pour exploiter leurs ressources pour le dessin

des morphs.

Troisième partie
Pharo avancé

Chapitre 12

Classes et métaclasses

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 5, en Smalltalk, tout est objet, et tout objet est une instance d'une classe. Les classes ne sont pas des cas particuliers : les classes sont des objets, et les objets représentant les classes sont des instances d'autres classes. Ce modèle objet capture l'essence de la programmation orientée objet : il est petit, simple, élégant et uniforme. Cependant, les implications de cette uniformité peuvent prêter à confusion pour les débutants. L'objectif de ce chapitre est de montrer qu'il n'y a rien de compliqué, de "magique" ou de spécial ici : juste des règles simples appliquées uniformément. En suivant ces règles, vous pourrez toujours comprendre le code, quelque soit la situation.

12.1 Les règles pour les classes et les métaclasses

Le modèle objet de Smalltalk est basé sur un nombre limité de concepts appliqués uniformément. Les concepteurs de Smalltalk ont appliqué le principe du "rasoir d'Occam" : toute considération conduisant à un modèle plus complexe que nécessaire a été abandonnée. Rappelons ici les règles du modèle objet qui ont été présentées dans le chapitre 5.

Règle 1. Tout est objet.

Règle 2. Tout objet est instance d'une classe.

Règle 3. Toute classe a une super-classe.

Règle 4. Tout se passe par envoi de messages.

Règle 5. La recherche de méthodes suit la chaîne d'héritage.

Comme nous l'avons mentionné en introduction de ce chapitre, une conséquence de la Règle 1 est que les *classes sont des objets aussi*, dans ce cas la Règle

2 dit que les classes sont obligatoirement des instances de classes. La classe d'une classe est appelée une *méta-classe*.

Une métaclass est automatiquement créée pour chaque nouvelle classe. La plupart du temps, vous n'avez pas besoin de vous soucier ou de penser aux métaclasses. Cependant, chaque fois que vous utilisez le Browser pour naviguer du "côté classe" d'une classe, il est utile de se rappeler que vous êtes en train de naviguer dans une classe différente. Une classe et sa métaclass sont deux classes inséparables, même si la première est une instance de la seconde. Pour expliquer correctement les classes et les métaclasses, nous devons étendre les règles du chapitre 5 en ajoutant les règles suivantes :

Règle 6. Toute classe est une instance d'une métaclass.

Règle 7. La hiérarchie des métaclasses est parallèle à celle des classes.

Règle 8. Toute métaclass hérite de Class et de Behavior.

Règle 9. Toute métaclass est une instance de Metaclass.

Règle 10. La métaclass de Metaclass est une instance de Metaclass.

Ensemble, ces 10 règles complètent le modèle objet de Smalltalk. Nous allons tout d'abord revoir les 5 règles issues du chapitre 5 à travers un exemple simple. Ensuite, nous examinerons ces nouvelles règles à travers le même exemple.

12.2 Retour sur le modèle objet de Smalltalk

Puisque tout est objet, la couleur bleue est aussi un objet en Smalltalk.

```
Color blue → Color blue
```

Tout objet est une instance d'une classe. La classe de la couleur bleue est la classe Color :

```
Color blue class → Color
```

Toutefois, si l'on fixe la valeur *alpha* d'une couleur, nous obtenons une instance d'une classe différente, nommée TranslucentColor :

```
(Color blue alpha: 0.4) class → TranslucentColor
```

Nous pouvons créer un morph et fixer sa couleur à cette couleur translucide :

```
EllipseMorph new color: (Color blue alpha: 0.4); openInWorld
```

Vous pouvez voir l'effet produit dans la la figure 12.1.

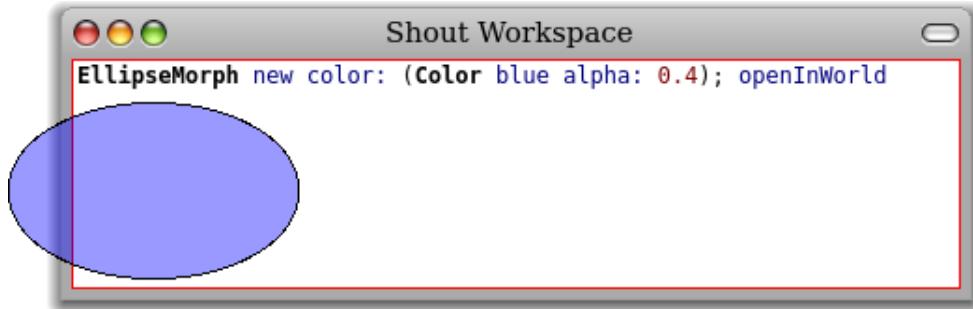


FIGURE 12.1 – Une ellipse translucide.

D'après la Règle 3, toute classe possède une super-classe. La super-classe de TranslucentColor est Color et la super-classe de Color est Object :

TranslucentColor superclass	→	Color
Color superclass	→	Object

Comme tout se produit par envoi de messages (Règle 4), nous pouvons en déduire que blue est un message à destination de Color ; class et alpha: sont des messages à destination de la couleur bleue ; openInWorld est un message à destination d'une ellipse morph et superclass est un message à destination de TranslucentColor et Color. Dans chaque cas, le receveur est un objet puisque tout est objet bien que certains de ces objets soient aussi des classes.

La recherche de méthodes suit la chaîne d'héritage (Règle 5), donc quand nous envoyons le message class au résultat de Color blue alpha: 0.4, le message est traité quand la méthode correspondante est trouvée dans la classe Object, comme illustré par la figure 12.2.

Cette figure capture l'essence de la relation *est un(e)*. Notre objet bleu translucide *est une* instance de TranslucentColor, mais nous pouvons aussi dire qu'il *est une* Color et qu'il *est un* Object, puisqu'il répond aux messages définis dans toutes ces classes. En fait, il y a un message, isKindOf:, qui peut être envoyé à n'importe quel objet pour déterminer s'il est en relation "*est un*" avec une classe donnée :

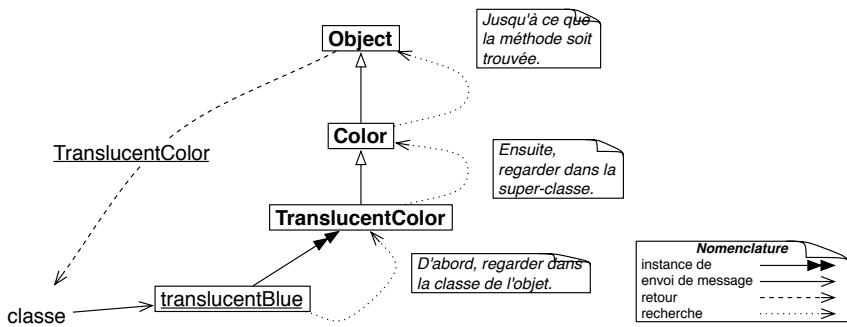


FIGURE 12.2 – Envoyer un message à une couleur translucide.

```

translucentBlue := Color blue alpha: 0.4.
translucentBlue isKindOf: TranslucentColor   --> true
translucentBlue isKindOf: Color               --> true
translucentBlue isKindOf: Object              --> true

```

12.3 Toute classe est une instance d'une métacasse

Comme nous l'avons mentionné dans la section 12.1, les classes dont les instances sont aussi des classes sont appelées des métaclasses.

Les métaclasses sont implicites. Les métaclasses sont automatiquement créées quand une classe est définie. On dit qu'elles sont *implicites* car en tant que programmeur, vous n'avez jamais à vous en soucier. Une métacasse implicite est créée pour chaque classe que vous créez donc chaque métacasse n'a qu'une seule instance.

Alors que les classes ordinaires sont nommées par des variables globales, les métaclasses sont anonymes. Cependant, nous pouvons toujours les référencer à travers la classe qui est leur instance. Par exemple, la classe de Color est Color class et la classe de Object est Object class :

```

Color class   --> Color class
Object class  --> Object class

```

La figure 12.3 montre que chaque classe est une instance de sa métacasse (anonyme).

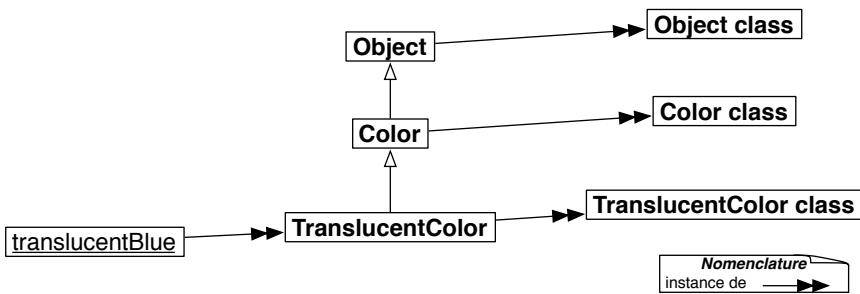


FIGURE 12.3 – Les métaclasses de TranslucentColor et ses super-classes.

Le fait que les classes soient aussi des objets facilite leur interrogation par envoi de messages. Voyons cela :

Color subclasses	→ {TranslucentColor}
TranslucentColor subclasses	→ #()
TranslucentColor allSuperclasses ProtoObject)	→ an OrderedCollection(Color Object)
TranslucentColor instVarNames	→ #'alpha')
TranslucentColor allInstVarNames alpha')	→ #'(rgb' 'cachedDepth' 'cachedBitPattern' '
TranslucentColor selectors #pixelWord32	→ an IdentitySet(#pixelValueForDepth: #pixelWord32
#convertToCurrentVersion:refStream:	#isTransparent #scaledPixelValue32 #bitPatternForDepth: #storeArrayValuesOn: #setRgB:alpha: #alpha #isOpaque #pixelWordForDepth: #isTranslucentColor #hash #isTranslucent #alpha: #storeOn: #asNontranslucentColor #privateAlpha #balancedPatternForDepth:)

12.4 La hiérarchie des métaclasses est parallèle à celle des classes

La Règle 7 dit que la super-classe d'une méta-classe ne peut pas être une classe arbitraire : elle est contrainte à être la méta-classe de la super-classe de l'unique instance de cette méta-classe.

TranslucentColor class superclass → Color class
TranslucentColor superclass class → Color class

C'est ce que nous voulons dire par le fait que la hiérarchie des métaclasses est parallèle à la hiérarchie des classes ; la figure 12.4 montre comment cela

fonctionne pour la hiérarchie de TranslucentColor.

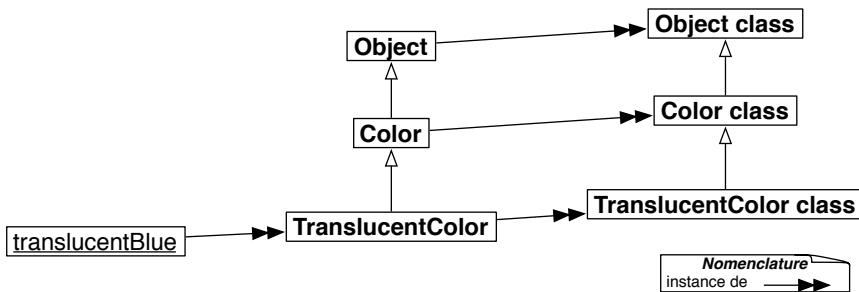


FIGURE 12.4 – La hiérarchie des métaclasses est parallèle à la hiérarchie des classes.

TranslucentColor class	→ TranslucentColor class
TranslucentColor class superclass	→ Color class
TranslucentColor class superclass superclass	→ Object class

L'uniformité entre les classes et les objets. Il est intéressant de revenir en arrière un moment et de réaliser qu'il n'y a pas de différence entre envoyer un message à un objet et à une classe. Dans les deux cas, la recherche de la méthode correspondante commence dans la classe du receveur et chemine le long de la chaîne d'héritage.

Ainsi, les messages envoyés à des classes doivent suivre la chaîne d'héritage des métaclasses. Considérons, par exemple, la méthode `blue` qui est implémentée du côté classe de `Color`. Si nous envoyons le message `blue` à `TranslucentColor`, alors il sera traité de la même façon que les autres messages. La recherche commence dans `TranslucentColor class` et continue dans la hiérarchie des métaclasses jusqu'à trouver dans `Color class` (voir la figure 12.5).

TranslucentColor blue → Color blue

Notons que l'on obtient comme résultat un `Color blue` ordinaire, et non pas un translucide — il n'y a pas de magie !

Nous voyons donc qu'il y a une recherche de méthode uniforme en Smalltalk. Les classes sont juste des objets et se comportent comme tous les autres

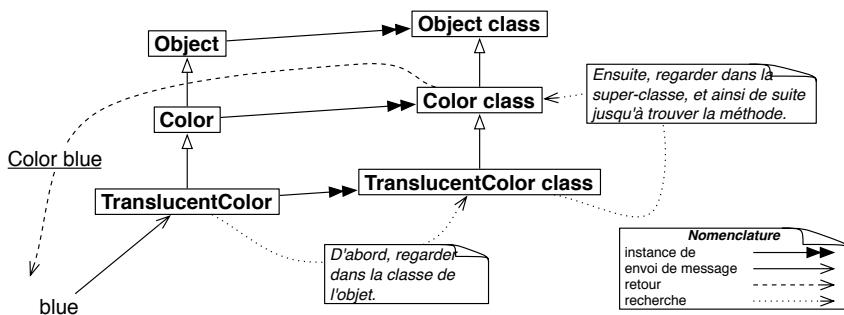


FIGURE 12.5 – Le traitement des messages pour les classes est le même que pour les objets ordinaires.

objets. Les classes ont le pouvoir de créer de nouvelles instances uniquement parce qu'elles répondent au message `new` et que la méthode pour `new` sait créer de nouvelles instances. Normalement, les objets qui ne sont pas des classes ne comprennent pas ce message, mais si vous avez une bonne raison pour faire cela, il n'y a rien qui vous empêche d'ajouter une méthode `new` à une classe qui n'est pas une métaclass.

Comme les classes sont des objets, nous pouvons aussi les inspecter.

⌚ Inspectez Color blue et Color.

Notons que vous inspectez, dans un cas, une instance de **Color** et dans l'autre cas, la classe **Color** elle-même. Cela peut prêter à confusion parce que la barre de titre de l'inspecteur contient le nom de la *classe* de l'objet en cours d'inspection. L'inspecteur sur **Color** vous permet de voir entre autre la super-classe, les variables d'instances, le dictionnaire des méthodes de la classe **Color**, comme indiqué dans la figure 12.6.

12.5 Toute métaclass hérite de Class et de Behavior

Toute métaclass *est une classe*, donc hérite de **Class**. À son tour, **Class** hérite de ses super-classes, **ClassDescription** et **Behavior**. En Smalltalk, puisque tout *est un objet*, ces classes héritent finalement toutes de **Object**. Nous pouvons voir le schéma complet dans la figure 12.7.

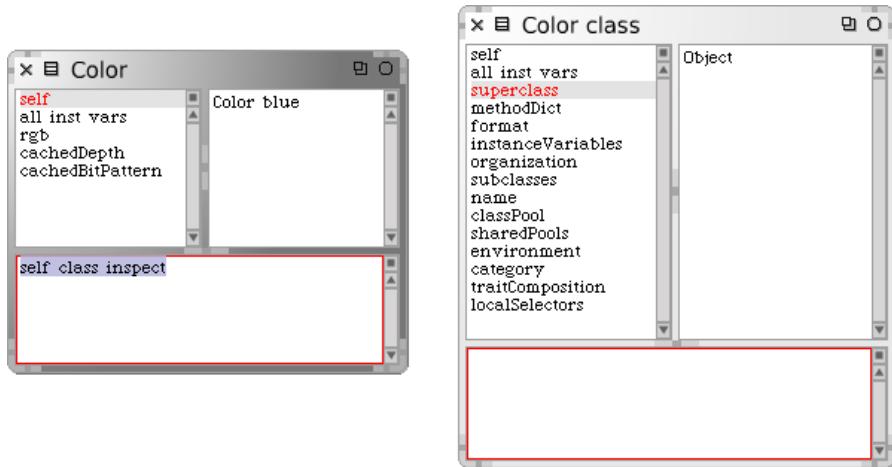


FIGURE 12.6 – Les classes sont aussi des objets.

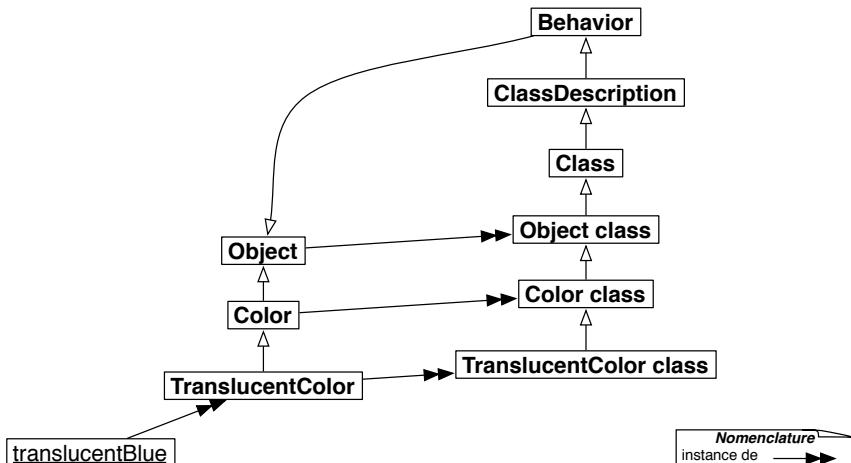


FIGURE 12.7 – Les métaclasses héritent de Class et de Behavior.

Où est défini new ? Pour comprendre l'importance du fait que les métaclasses héritent de Class et de Behavior, demandons-nous où est défini new et comment cette définition est trouvée. Quand le message new est envoyé à une classe, il est recherché dans sa chaîne de métaclasses et finalement dans ses super-classes Class, ClassDescription et Behavior comme montré dans la figure 12.8.

La question “Où est défini new ?” est cruciale. La méthode new est définie en premier dans la classe Behavior et peut être redéfinie dans ses sous-classes, ce

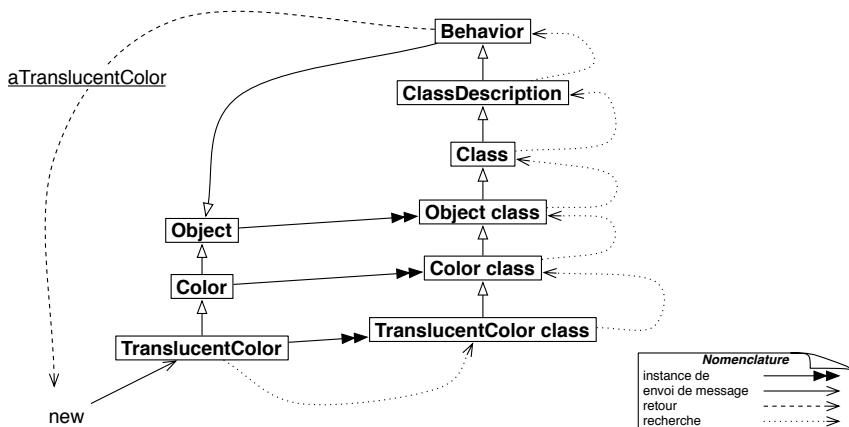


FIGURE 12.8 – `new` est un message ordinaire recherché dans la chaîne des métaclasses.

qui inclut toutes les métaclasses des classes que nous avons définies, si cela est nécessaire. Maintenant, quand un message `new` est envoyé à une classe, il est recherché, comme d'habitude, dans la métaclass de cette classe, en continuant le long de la chaîne de super-classes jusqu'à la classe `Behavior` si aucune redéfinition n'a été rencontrée sur le chemin.

Notons que le résultat de l'envoi de message `TranslucentColor new` est une instance de `TranslucentColor` et *non* de `Behavior`, même si la méthode est trouvée dans la classe `Behavior` ! `new` retourne toujours une instance de `self`, la classe qui a reçu le message, même si cela est implémenté dans une autre classe.

`TranslucentColor new class` → `TranslucentColor` "et non pas `Behavior`"

Une erreur courante est de rechercher `new` dans la super-classe de la classe du receveur. La même chose se produit pour `new:`, le message standard pour créer un objet d'une taille donnée. Par exemple, `Array new: 4` crée un tableau de 4 éléments. Vous ne trouverez pas la définition de cette méthode dans `Array ni` dans aucune de ses super-classes. À la place, vous devriez regarder dans `Array class` et ses super-classes puisque c'est là que la recherche commence.

Les responsabilités de `Behavior`, `ClassDescription` et `Class`. `Behavior` fournit l'état minimum et nécessaire à des objets possédant des instances : cela inclut un lien super-classe, un dictionnaire de méthodes et une description des instances (*c-à-d.* représentation et nombre). `Behavior` hérite de `Object`, donc elle, ainsi que toutes ses sous-classes peuvent se comporter comme des objets.

Behavior est aussi l’interface basique pour le compilateur. Elle fournit des méthodes pour créer un dictionnaire de méthodes, compiler des méthodes, créer des instances (*c*-à-*d*. new, basicNew, new:, et basicNew:), manipuler la hiérarchie de classes (*c*-à-*d*. superclass:, addSubclass:), accéder aux méthodes (*c*-à-*d*. selectors, allSelectors, compiledMethodAt:), accéder aux instances et aux variables (*c*-à-*d*. allInstances, instVarNames ...), accéder à la hiérarchie de classes (*c*-à-*d*. superclass, subclasses) et interroger (*c*-à-*d*. hasMethods, includesSelector, canUnderstand:, inheritsFrom:, isVariable).

ClassDescription est une classe abstraite qui fournit des facilités utilisées par ses deux sous-classes directes, Class et Metaclass. ClassDescription ajoute des facilités fournies à la base par Behavior : des variables d’instances nommées, la catégorisation des méthodes dans des protocoles, la notion de nom (abstrait), la maintenance de *change sets*, la journalisation des changements et la plupart des mécanismes requis pour l’exportation de *change sets*.

Class représente le comportement commun de toutes les classes. Elle fournit un nom de classe, des méthodes de compilation, des méthodes de stockage et des variables d’instance. Elle fournit aussi une représentation concrète pour les noms des variables de classe et des variables de pool (addClassVarName:, addSharedPool:, initialize). Class sait comment créer des instances donc toutes les métaclasses doivent finalement hériter de Class.

12.6 Toute métaclasse est une instance de Metaclass

Les métaclasses sont aussi des objets ; elles sont des instances de la classe Metaclass comme montré dans la figure 12.9. Les instances de la classe Metaclass sont les métaclasses anonymes ; chacune ayant exactement une unique instance qui est une classe.

Metaclass représente le comportement commun des métaclasses. Elle fournit des méthodes pour la création d’instances (sub\–class\–Of:) permettant de créer des instances initialisées de l’unique instance Metaclass pour l’initialisation des variables de classe, la compilation de méthodes et l’obtention d’informations à propos des classes (liens d’héritage, variables d’instance, etc).

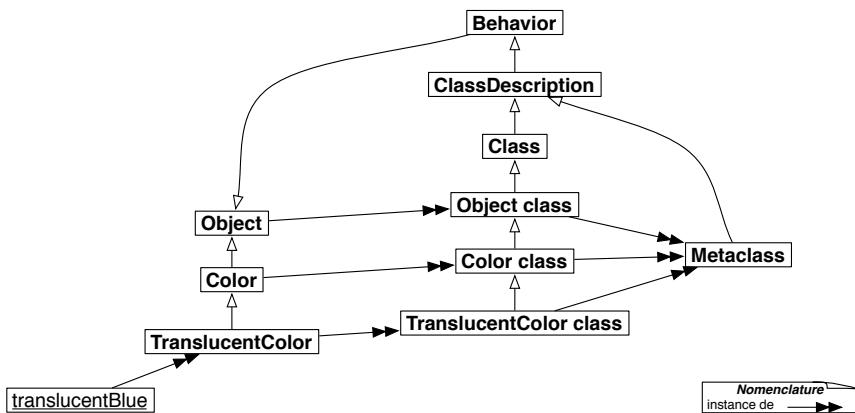


FIGURE 12.9 – Toute métaclass est une Metaclass.

12.7 La métaclass de Metaclass est une instance de Metaclass

La dernière question à laquelle il faut répondre est : quelle est la classe de Metaclass class ? La réponse est simple : il s’agit d’une métaclass, donc forcément une instance de Metaclass, exactement comme toutes les autres métaclasses dans le système (voir la figure 12.10).

La figure montre que toutes les métaclasses sont des instances de Metaclass , ce qui inclut aussi la métaclass de Metaclass. Si vous comparez les figures 12.9 et 12.10, vous verrez comment la hiérarchie des métaclasses reflète parfaitement la hiérarchie des classes, tout le long du chemin jusqu’à Object class.

Les exemples suivants montrent comment il est possible d’interroger la hiérarchie de classes afin de démontrer que la figure 12.10 est correcte. En réalité, vous verrez que nous avons dit un pieux mensonge — Object class superclass → ProtoObject class, et non Class. En Pharo, il faut aller une super-classe plus haut dans la hiérarchie pour atteindre Class.

Exemple 12.1 – La hiérarchie des classes

TranslucentColor superclass	→	Color
Color superclass	→	Object

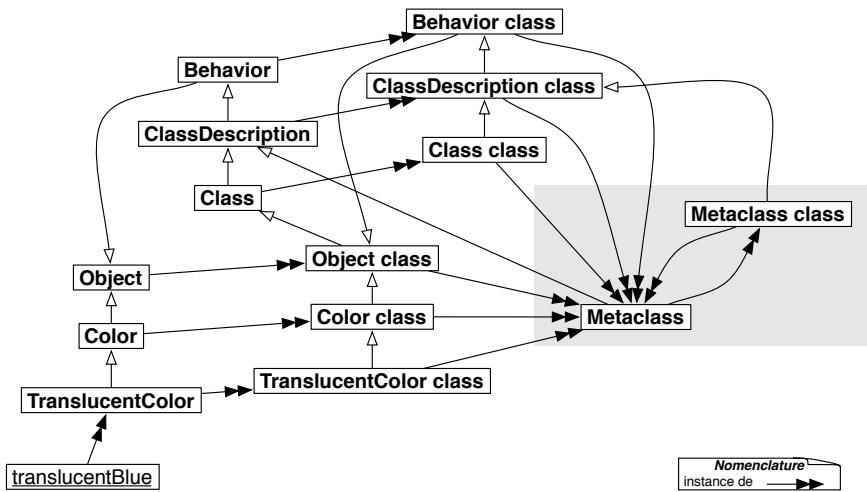


FIGURE 12.10 – Toutes les métaclasses sont des instances de la classe Metaclass, même la métaclass de Metaclass.

Exemple 12.2 – La hiérarchie parallèle des métaclasses

TranslucentColor class superclass	→	Color class
Color class superclass	→	Object class
Object class superclass superclass	→	Class "Attention : saute ProtoObject class"
Class superclass	→	ClassDescription
ClassDescription superclass	→	Behavior
Behavior superclass	→	Object

Exemple 12.3 – Les instances de Metaclass

TranslucentColor class class	→	Metaclass
Color class class	→	Metaclass
Object class class	→	Metaclass
Behavior class class	→	Metaclass

Exemple 12.4 – Metaclass class est une Metaclass

Metaclass class class	→	Metaclass
Metaclass superclass	→	ClassDescription

12.8 Résumé du chapitre

Maintenant, vous devriez mieux comprendre la façon dont les classes sont organisées et l'impact de l'uniformité du modèle objet. Si vous vous

perdez ou vous embrouillez, vous devez toujours vous rappeler que l'envoi de messages est la clé : cherchez alors la méthode dans la classe du receveur. Cela fonctionne pour *tous* les receveurs. Si une méthode n'est pas trouvée dans la classe du receveur, elle est recherchée dans ses super-classes.

1. Toute classe est une instance d'une méta-classe. Les méta-classes sont implicites. Une méta-classe est créée automatiquement à chaque fois que vous créez une classe ; cette dernière étant sa seule instance.
2. La hiérarchie des méta-classes est parallèle à celle des classes. La recherche de méthodes pour les classes est analogue à la recherche de méthodes pour les objets ordinaires et suit la chaîne des super-classes entre méta-classes.
3. Toute méta-classe hérite de Class et de Behavior. Toute classe *est une* Class. Puisque les méta-classes sont aussi des classes, elles doivent hériter de Class. Behavior fournit un comportement commun à toutes les entités ayant des instances.
4. Toute méta-classe est une instance de Metaclass. ClassDescription fournit tout ce qui est commun à Class et à Metaclass.
5. La méta-classe de Metaclass est une instance de Metaclass. La relation *instance-de* forme une boucle fermée, donc Metaclass class class → Metaclass.

Quatrième partie

Développement Logiciel

Chapitre 13

Organiser votre code avec Monticello

Un système de versionnage vous aide à stocker et journaliser plusieurs versions de votre code. En plus, cet outil vous aide à gérer les accès concourants à un dépôt commun de code source. Il conserve les traces de toutes les modifications **dans** un ensemble de documents et permet à plusieurs développeurs de collaborer. À partir du moment où la taille de votre logiciel dépasse le cadre de quelques classes, vous aurez probablement besoin d'un système de versionnage.

Plusieurs outils de versionnage sont disponibles. CVS¹ et Subversion² sont probablement les plus populaires. En principe, vous pouvez les utiliser pour gérer le développement de projets de logiciels de Pharo mais, une telle pratique **déconnecterait** le système de versionnage de l'environnement de Pharo. De plus, les outils de type CVS versionnent seulement les fichiers texte et non les paquetages indépendants, les classes ou les méthodes. Nous perdirions ainsi la possibilité de suivre les changements à un niveau de granularité approprié. Si les outils de versionnage sont informés que vous stockez des classes et des méthodes au lieu de simple texte, ils peuvent **mieux travailler dans le processus de développement**.

Monticello est un système de versionnage de Pharo dans lequel les classes et les méthodes sont les **unités du changement**, plutôt que des lignes de texte. *SqueakSource* est le dépôt central en ligne dans lequel vous pouvez stocker les versions de vos applications en utilisant Monticello. SqueakSource est l'équivalent de GForge et Monticello l'équivalent de CVS.

Dans ce chapitre, vous apprendrez à utiliser Monticello et SqueakSource

1. <http://www.nongnu.org/cvs>
2. <http://subversion.tigris.org>

pour gérer votre code durant votre **programmation journalière**. Nous avons déjà rencontré de façon brève Monticello dans les chapitres antérieurs³. Ce chapitre plonge dans les détails de Monticello et décrit certaines fonctionnalités complémentaires qui sont utiles pour le versionnage de grosses applications.

13.1 Premier pas

Nous commencerons par passer en revue les bases de la création et de l'archivage (en anglais, *to commit*) des modifications dans le code puis, nous verrons comment les actualiser (*to update*) et les fusionner (*to merge*).

Un exemple — les nombres parfaits

Nous allons utiliser un petit exemple de nombres parfaits⁴ (en anglais, *perfect numbers*) dans ce chapitre pour illustrer les fonctionnalités de Monticello. Nous commençons notre projet en définissant de simples tests.

 Définissez une sous-classe de `TestCase` appelée `PerfectTest` dans la catégorie `Perfect` et définissez les méthodes de tests à suivre dans le protocole `running` :

```
PerfectTest»testPerfect
self assert: 6 isPerfect.
self assert: 7 isPerfect not.
self assert: 28 isPerfect.
```

Bien sûr, ces tests échoueront puisque nous n'avons pas encore écrit la méthode `isPerfect` pour les entiers. Nous aimerais mettre ce code sous le contrôle de Monticello de manière à le reviser et l'étendre.

Lancer Monticello

Monticello est inclus dans la distribution standard de Pharo. Nous assumerons donc que Monticello est déjà installé dans votre image. Vous pouvez sélectionner Monticello Browser dans le menu `World`.

Dans la figure 13.1, nous voyons que le Monticello Browser comprend deux panneaux de liste et un panneau de boutons. Le panneau de gauche affiche la liste des paquetages ou *packages* installés et celui de droite montre

3. "Une première application" et "L'environnement de programmation de Pharo".

4. Les nombres parfaits ont été découverts par Euclide. Un nombre parfait est un entier positif qui se présente comme la somme de ces diviseurs propres. $6 = 1 + 2 + 3$ est le premier nombre parfait.

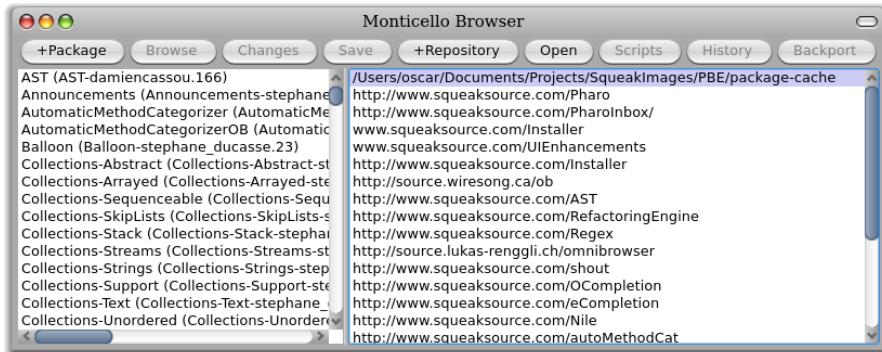


FIGURE 13.1 – Le Monticello Browser.

les dépôts. [Diverses commandes](#) peuvent être exécutées via le panneau de boutons et les menus des deux panneaux de listes.

Créer un paquetage

Monticello gère les versions des *paquetages*. Un paquetage est essentiellement un ensemble nommé de classes et de méthodes. En fait, un paquetage est un objet — une instance de `PackagelInfo` — qui sait comment identifier les classes et méthodes qui [lui sont incluses](#).

Nous voudrions versionner notre classe `PerfectTest`.

La bonne manière de le faire consiste à définir un paquetage — nommé `Perfect` — contenant `PerfectTest` et toutes les classes et méthodes à venir. Pour le moment, il n'y a pas de tel paquetage. Nous n'avons qu'une *catégorie* nommée [justement](#)`Perfect`. C'est suffisant : Monticello va [transformer](#) les catégories en paquetages pour nous.

❶ Appuyez sur `+Package` dans le Monticello Browser et saisissez `Perfect`.

Voilà ! Vous venez simplement de créer le paquetage Monticello nommé `Perfect`.

Les paquetages Monticello suivent un nombre important de conventions pour les catégories de classes et [de méthodes \(protocoles\)](#). Notre nouveau paquetage `Perfect` contient :

- Toutes les classes dans la catégorie `Perfect` ou dans les catégories dont le nom commence par `Perfect-`. Pour l'instant, ceci inclut seulement la classe `PerfectTest`;
- Toutes les méthodes appartenant à *n'importe quelle* classe (dans n'*importe quelle* catégorie) qui sont définies dans un protocole nommé `*perfect` ou `*Perfect`; ou encore dans les protocoles dont le nom com-

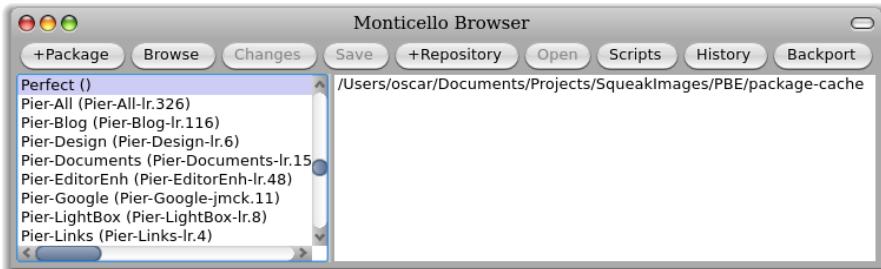


FIGURE 13.2 – Créer le paquetage Perfect.

mence par `*perfect-` ou `*Perfect-`. De telles méthodes sont connues en tant qu'*extensions*. Nous n'en avons pas encore mais nous en définirons bientôt ;

- Toutes les méthodes appartenant à n'importe quelle classe dans la catégorie *Perfect* ou dans les catégories dont le nom commence par *Perfect-*, à l'exception de celles qui sont dans un protocole dont le nom commence par un astérisque `*` (*c-à-d.* celles qui appartiennent à un autre paquetage). Ceci comprend notre méthode `testPerfect` puisqu'elle appartient au protocole `running`.

Archiver les changements

Notez que, dans la figure 13.2, le bouton `Save` est hors service (puisque grisé).

Avant de sauvegarder notre paquetage *Perfect package*, nous avons besoin de spécifier où nous voulons le sauver. Un *dépot* (en anglais *repository*) est un conteneur de paquetages qui peut être local (sur votre machine) ou distant (accessible via le réseau). Divers protocoles peuvent être utilisés pour établir une connexion entre votre image Pharo et un dépôt. Comme nous allons le voir plus tard (la section 13.4), Monticello supporte un large panel de protocoles pour les dépôts. Le plus commun est HTTP, utilisé notamment par SqueakSource.

Au moins un dépôt, nommé *package-cache*, est installé par défaut. Il est visible comme première entrée de la liste des dépôts dans le panneau de droite de votre Monticello Browser (voir la figure 13.1). Le *package-cache*⁵ est créé automatiquement dans le répertoire local où se trouve votre image Pharo. Il contiendra une copie de tous les paquetages que vous téléchargez depuis des dépôts distants. Par défaut, les copies de vos paquetages sont aussi sauvegardées dans le *package-cache* quand vous les sauvez sur un

5. Traduisible par "mémoire des paquetages".

serveur distant.

Chaque paquetage sait dans quels dépôts il peut être sauvegardé. Pour ajouter un nouveau dépôt pour le paquetage sélectionné, appuyez sur le bouton **[+Repository]**. Vous serez invité à choisir parmi des variétés de dépôts dont le HTTP. Pour le reste de ce chapitre, nous travaillerons avec le dépôt package-cache ; c'est tout ce dont nous avons besoin pour explorer les fonctionnalités de Monticello.

 Sélectionnez le répertoire de dépôt package cache, pressez sur le bouton **Save** et entrez un message approprié pour le journal (log) puis, sauver les changements en appuyant sur **Accept**.

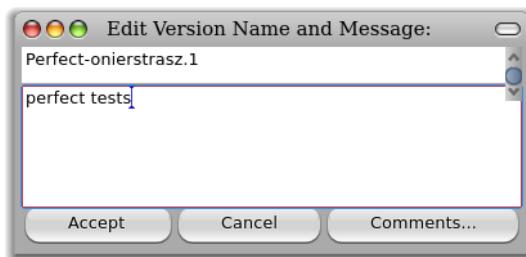


FIGURE 13.3 – Éditer le nom et le message d’archivage de la nouvelle version durant la phase de sauvegarde d’une version de votre paquetage.

Le paquetage Perfect est désormais sauvegardé dans package-cache qui n'est rien de plus qu'un répertoire contenu dans le même répertoire que l'image Pharo. Notez cependant que si vous utilisez un autre type de dépôt (*par ex.*, HTTP, FTP, un autre répertoire local), une copie de votre paquetage sera aussi sauvee dans le package-cache.

 Utilisez vous navigateur de fichiers favori (par ex., explorateur Windows, Finder ou XTerm) pour confirmer qu'un fichier Perfect-XX.1.mcz a été créé dans votre package-cache. XX correspond à votre propre nom ou initiales⁶.

Une *version* est une capture immuable d'un paquetage (en anglais, *snapshot*) qui a été écrite dans un dépôt. Chaque version a un numéro de version unique pour l'identifier dans un dépôt. Prenez garde cependant que ce nombre n'est *pas* globalement unique — dans un autre dépôt vous pourriez avoir le même identifiant de fichiers pour un *capture différente*. Par exemple, Perfect-onierstrasz.1.mcz dans un autre dépôt peut être la version finale pour le déploiement de notre projet ! Au moment de sauver une version dans un

6. Par le passé, la convention des développeurs était de journaliser leurs changements en utilisant leurs initiales. Maintenant, nous utilisons un identifiant basé sur le nom complet, tel que "apblack" ou "AndrewBlack", afin de résoudre les conflits entre ceux, de plus en plus nombreux, qui partagent des initiales semblables.

dépôt, le prochain numéro est automatiquement affecté à la version mais vous pouvez à loisir le changer. Remarquez que les branches de versions n’interfère pas avec le schéma de numérotations (tout comme avec CVS ou Subversion). Comme nous allons le voir plus tard, les versions sont ordonnées par défaut selon leur numéro de version lorsque nous visitons un dépôt.

Les extensions de classe

Implémentons maintenant les méthodes de manière à passer nos tests au vert.

 Définissez les deux méthodes suivantes dans la classe `Integer` et associez chacune de ces méthodes à un protocole appelé `*perfect`. Profitez-en pour ajouter un test aux limites (boundary). Vérifiez que les tests passent au vert.

```
Integer»isPerfect
```

```
↑ self > 1 and: [self divisors sum = self]
```

```
Integer»divisors
```

```
↑ (1 to: self - 1 ) select: [ :each | (self rem: each) = 0 ]
```

```
PerfectTest»testPerfectBoundary
```

```
self assert: 0 isPerfect not.
```

```
self assert: 1 isPerfect not.
```

Bien que les nouvelles méthodes ajoutées à `Integer` n’appartiennent pas à la catégorie `Perfect`, elles appartiennent *véritablement* au paquetage `Perfect` puisqu’elles sont [dans un protocole](#) dont le nom débute par `*` et correspond au nom du paquetage. De telles méthodes sont connues sous le nom d’*extensions de classes*, puisqu’elles étendent les classes existantes. Ces méthodes sont disponibles *seulement* à ceux qui chargent le paquetage `Perfect`.

Les paquetages “Clean” and “Dirty”

Modifier le code dans un paquetage dans n’importe quels outils de développement rend ce paquetage *dirty* (en français, “sale”). Cela signifie que la version de paquetage dans l’image est différente de la version qui a été archivée ou chargée.

Dans le Monticello Browser, un paquetage *dirty* peut être identifié par un astérisque (*) précédant son nom. Ceci indique quels paquetages ont des changements non-archivés et ainsi, lesquels auraient besoin d’être sauvegardés dans un dépôt si ces changements ne sont destinés à être perdus. Sauver un paquetage *dirty* le nettoie : il devient *clean* (en français, “propre”).

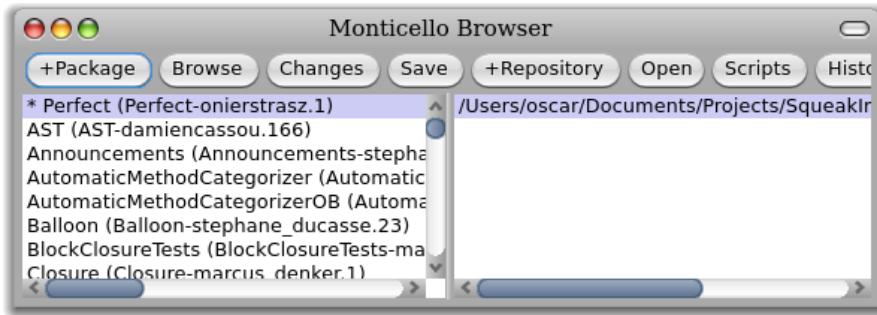


FIGURE 13.4 – Modifier notre paquetage Perfect le rend “dirty”.

 Essayez les boutons **Browse** (naviguer), **History** (historique) et **Changes** (changement) pour voir ce qu'ils font⁷. Via le bouton **Save**, sauvegardez les changements du paquetage Perfect. Observez que ce paquetage est bien “clean” désormais.

Le Repository Inspector

Les contenus d'un dépôt peuvent être inspectés grâce au Repository Inspector (ou inspecteur des dépôts). Celui-ci se lance en appuyant sur le bouton **Open** de Monticello (voir la figure 13.5).

 Sélectionnez le dépôt package-cache et ouvrez-le avec **Open**. Vous devriez voir quelque chose comme sur la figure 13.5.

Tous les paquetages contenus dans le dépôt sont listés sur le panneau gauche de cet inspecteur :

- un nom de paquetage souligné indique que ce paquetage est installé dans l'image ;
- un nom de paquetage **en gras et souligné** indique que le paquetage est installé mais qu'il y a une version plus récente dans le dépôt ;
- un nom de paquetage **de typographie normale** indique que le paquetage n'est pas installé dans l'image.

Une fois qu'un paquetage est sélectionné, le panneau de droite liste les versions du paquetage sélectionné.

- un nom de version souligné indique que la version est installée dans l'image ;
- un nom de version **en gras** indique que cette version n'est pas un ancêtre de la version installée. Ça peut signifier que c'est une nouvelle version

7. Au moment où nous écrivons ces lignes, le bouton **Scripts** ne fonctionne pas.

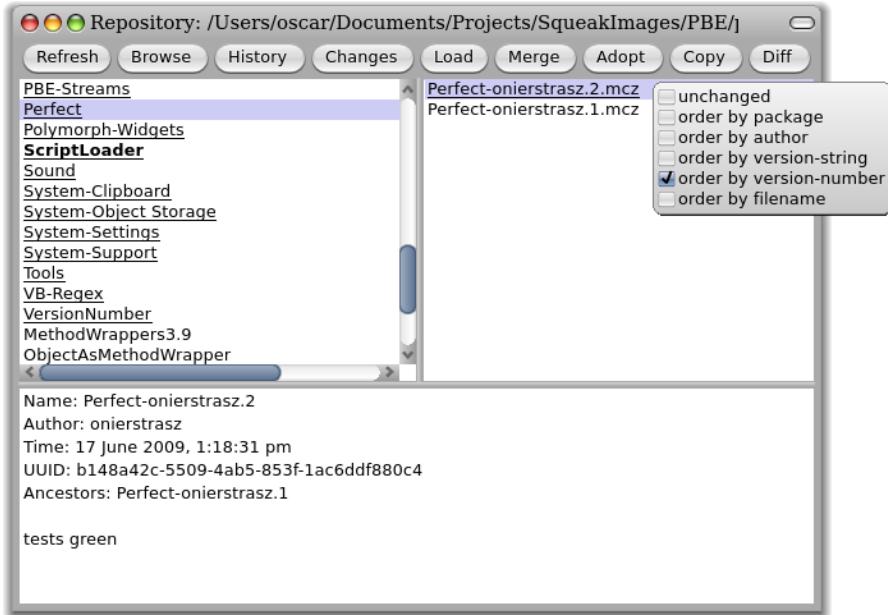


FIGURE 13.5 – Le Repository Inspector.

ou qu'elle appartient à une branche différente de celle de la version installée ;

- un nom de version **typographie normale** indique une version plus ancienne que la version actuelle installée.

Cliquer avec le bouton d'action dans le panneau droit de l'inspecteur Repository Inspector ouvre un menu avec différentes options de tri. L'entrée unchanged dans le menu annule tout type de tri particulier. Il utilise l'ordre proposé par le dépôt.

Charger, décharger et actualiser les paquetages

Nous avons désormais deux versions du paquetage Perfect stocké de manière sûre dans notre dépôt package-cache. Nous verrons maintenant comment décharger ce paquetage, charger une version antérieure et finalement l'actualiser.

 Sélectionnez le paquetage Perfect et son dépôt dans le Monticello Browser. Cliquez avec le bouton d'action sur le nom du paquetage et sélectionnez **unload package** (c-à-d. décharger le paquetage).

Vous devriez être capable d'observer la disparition du paquetage Perfect



FIGURE 13.6 – Décharger un paquetage.

de votre image !

Dans le Monticello Browser, sans rien sélectionner dans le panneau des paquetages, sélectionnez le package-cache dans le panneau des dépôts puis appuyez sur le bouton Open pour ouvrir le Repository Inspector. Descendez l'ascenseur jusqu'à ce que vous voyez le paquetage Perfect : sélectionnez-le. Il devrait apparaître *avec une typographie normale* indiquant qu'il n'est pas installé. Maintenant sélectionnez la version 1 du paquetage et chargez-la via le bouton Load.

Vous devriez être capable de vérifier maintenant que la première version avec les tests au rouge est chargée.

Sélectionnez la seconde version du paquetage Perfect dans le Repository Inspector et chargez-la via le bouton Load. Vous venez d'actualiser le paquetage avec la dernière version.

Maintenant les tests devraient passer au vert.

Créer des branches

Une *branch* est une ligne de versions de développement qui existe indépendamment d'une autre ligne et partageant toujours une version-ancêtre commune si vous recherchez assez loin dans le temps.

Vous pourriez créer une nouvelle branche de versions quand vous sauvegardez votre paquetage. Créer une branche (en anglais, *branching*) est utile lorsque vous voulez avoir un nouveau développement en parallèle. Par exemple, votre travail consiste à maintenir un logiciel pour votre compagnie. Un jour,

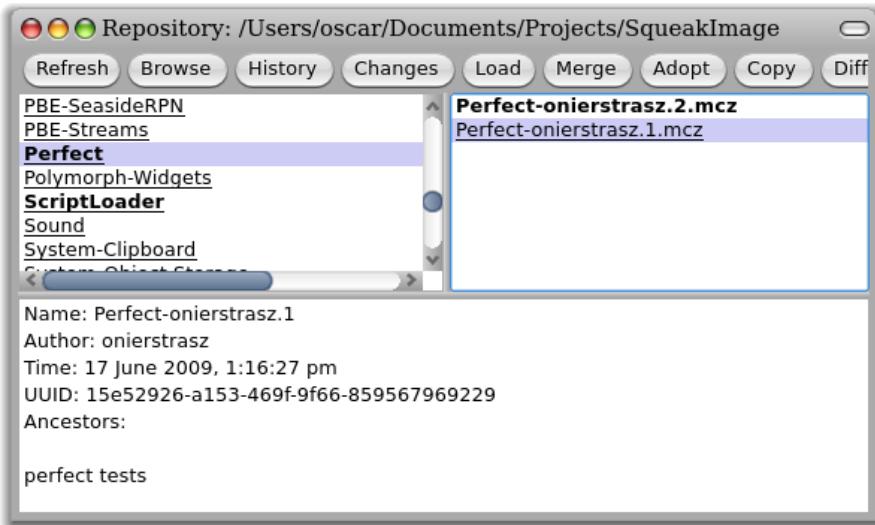


FIGURE 13.7 – Charger une version antérieure.

une division différente vous demande le même logiciel mais avec quelques parties spécialisées pour leur usage qui en est différent. La façon de gérer cette situation passe par la création d'une seconde branche de votre programme pour y incorporer les spécificités exigées tout en laissant la première branche inchangée.

 Depuis le *Repository Inspector*, sélectionnez la version 1 du paquetage *Perfect* et chargez-la via le bouton **Load**. La version 2 devrait être affichée en gras, indiquant ainsi qu'elle n'est plus chargée (puisque n'est pas un ancêtre de la version 1). Implémentez maintenant les deux méthodes *Integer* et placez-les dans le protocole **perfect*. Modifiez aussi la méthode de test existante *PerfectTest* comme suit :

```
Integer»isPerfect
self < 2 ifTrue: [ ↑ false ].
↑ self divisors sum = self

Integer»divisors
↑ (1 to: self - 1) select: [ :each | (self \ each) = 0]

PerfectTest»testPerfect
self assert: 2 isPerfect not.
self assert: 6 isPerfect.
self assert: 7 isPerfect not.
self assert: 28 isPerfect.
```

L'unique test devrait être au vert bien que notre implémentation des

nombres parfaits est légèrement différente.

- ❶ Essayez de charger la version 2 du paquetage Perfect.

Vous devriez avoir une fenêtre d'alerte comme quoi vous avez des changements non-sauvegardés.



FIGURE 13.8 – Fenêtre d'alerte en raison de changements non-sauvegardés.

- ❷ Sélectionnez **Abandon** pour éviter d'écraser vos nouvelles méthodes. Maintenant archivez vos changements en appuyant sur le bouton **Save**. Vous verrez une autre fenêtre d'alerte disant qu'il pourrait y avoir des versions plus récentes. Sélectionnez **Yes**, saisissez *votre message de journalisation* et acceptez cette nouvelle version en cliquant sur le bouton **Accept**.

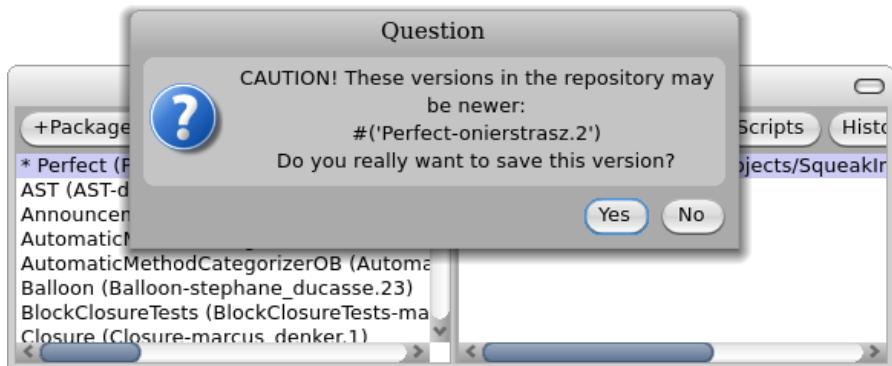


FIGURE 13.9 – Fenêtre d'alerte en raison de l'existence de nouvelles versions.

Bravo ! Vous avez créé une nouvelle branche du paquetage Perfect.

- ❸ Si vous avez toujours le Repository Inspector ouvert, rafraîchissez via le bouton **Refresh** pour voir la nouvelle version (voir la figure 13.10).

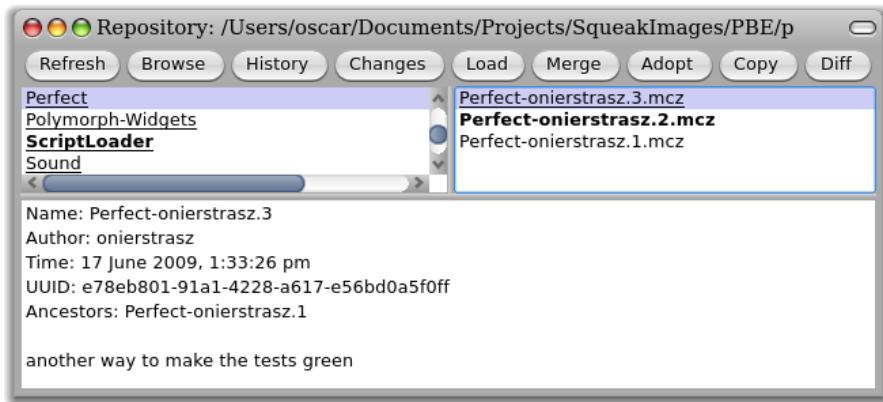


FIGURE 13.10 – Les versions 2 et 3 sont des branches séparées de la version 1.

Fusionner

Cette section décrit [la possibilité usuelle offerte par Monticello de fusion](#). Pour l'utiliser, assurez-vous que la préférence `useNewDiffToolsForMC` est désactivée. Pour ce faire, vous pouvez soit utiliser le Preference Browser, soit évaluer l'expression suivante :

```
Preferences disable: #useNewDiffToolsForMC
```

Vous pouvez fusionner une version d'un paquetage avec une autre en utilisant le bouton `Merge` dans le Monticello Browser. Vous voudrez normalement faire cela (i) quand vous découvrez que vous étiez en train de travailler sur une version périmée ou (ii) quand les branches qui étaient précédemment indépendantes doivent être re-intégrées. Ces deux scénarios sont communs lorsque plusieurs développeurs travaillent sur le même paquetage.

À CORRIGER! MARTIAL: LA VERSION DE L'OUTIL DE FUSION A CHANGÉ.

Considérez la situation actuelle avec notre paquetage `Perfect` comme illustré sur le côté gauche de la figure 13.11. Nous avons publié une nouvelle version 3 qui est basée sur la version 1. Puisque la version 2 est aussi basée sur la version 1, les versions 2 et 3 constituent des branches indépendantes.

À ce stade, nous réalisons qu'il y a des changements dans la version 2 que nous voudrions fusionner avec nos changements de la version 3. Puisque nous avons la version 3 actuellement chargée, nous aimeraisons fusionner les changements de la version 2 et archiver une nouvelle version 4 comme le montre la côté droit de la figure 13.11.

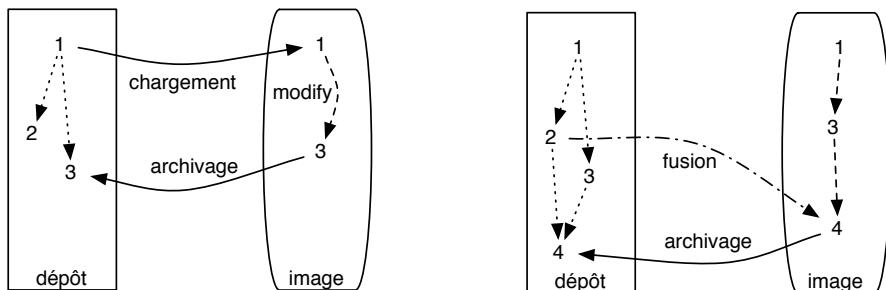


FIGURE 13.11 – Créer une branche (côté gauche) et fusionner (côté droit).

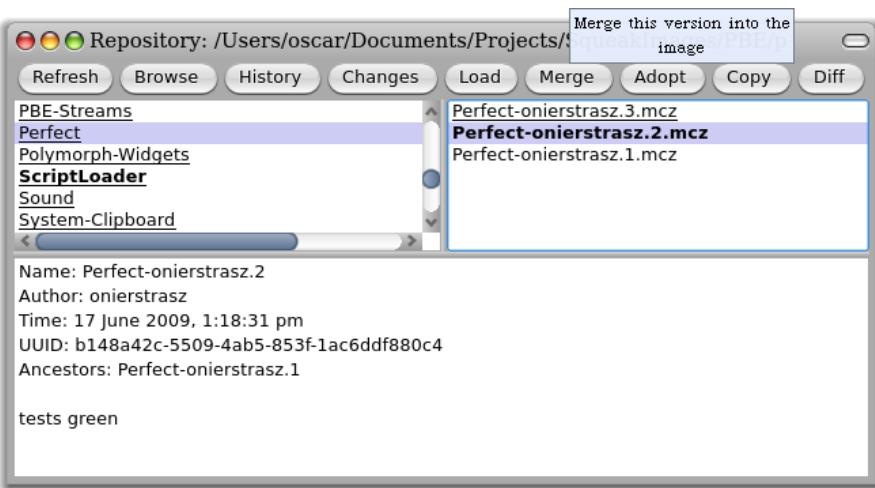


FIGURE 13.12 – Sélectionnez une branche séparée (en gras) à être fusionnée.

⌚ Sélectionnez la version 2 dans le *Repository Inspector*, comme vous pouvez le voir sur la figure 13.12 et cliquez sur le bouton **Merge** (fusionner).

Le outil de fusion est un outil qui permet d'**assurer un contrôle de fine granularité sur la fusion de versions**. Les éléments contenus dans le paquetage à être fusionné sont listés dans le panneau de texte supérieur. Le panneau inférieur montre la définition de l'élément.

Nous voyons sur la figure 13.13 les trois différences entre les versions 2 et 3 du paquetage Perfect. La méthode PerfectTest»testPerfectBoundary est nouvelle et les deux méthodes marquées de Integer ont été changées. Dans le panneau inférieur, nous voyons que l'ancienne et la nouvelle version du code source de la méthode Integer»isPerfect.

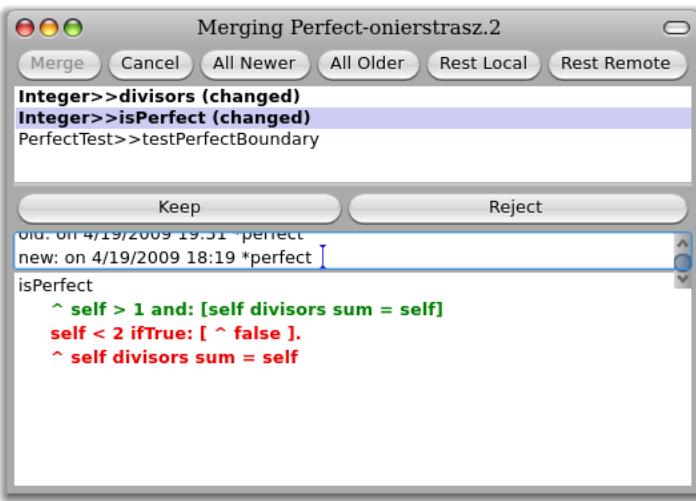


FIGURE 13.13 – Fusion de la version 2 du paquetage Perfect avec la version 3 actuelle chargée.

À CORRIGER! MARTIAL: DÉSYNCHRO AVEC L'IMAGE PHARO ET L'ÉTAT ACTUEL DE L'OUTIL DE FUSION

Le nouveau code s'affiche en rouge, celui qui est retiré est barré et affiché en bleu et enfin, le code inchangé est affiché en noir.

Une méthode ou une classe est en conflit si sa définition a été changée. La figure 13.13 nous montre deux méthodes en conflit dans la classe `Integer` : `isPerfect` et `divisors`. Un élément de paquetage en conflit est indiqué en étant souligné, barré ou en gras. La convention typographique est comme suit :

À CORRIGER! MARTIAL: FAUX !

Normal=Aucun conflit. une typographie normale indique l'absence de conflit. Par exemple, la méthode `PerfectTest>>testPerfectBoundary` n'est pas en conflit avec une méthode existante et peut être installé.

Gras=Un méthode est en conflit. Une décision doit être prise pour garder ou rejeter le changement. La méthode proposée `Integer>>isPerfect` est en conflit avec une définition existante dans l'image. Le conflit peut être résolu en cliquant sur le bouton `Keep` ou le bouton `Reject`.

Souligné=L'élément du dépôt remplace l'élément actuel. Un élément souligné sera gardé et remplacera l'élément actuel dans l'image. Dans la figure 13.14, vous voyons que la méthode `Integer>>isPerfect` de la version 2 a été gardée.

Barré=L'élément du dépôt est rejeté. Un élément barré a été rejeté et la définition locale ne sera pas remplacée. Dans la figure 13.14, la méthode

Integer»divisors de la version 2 est rejetée. Ainsi la définition de la version 3 sera maintenue.

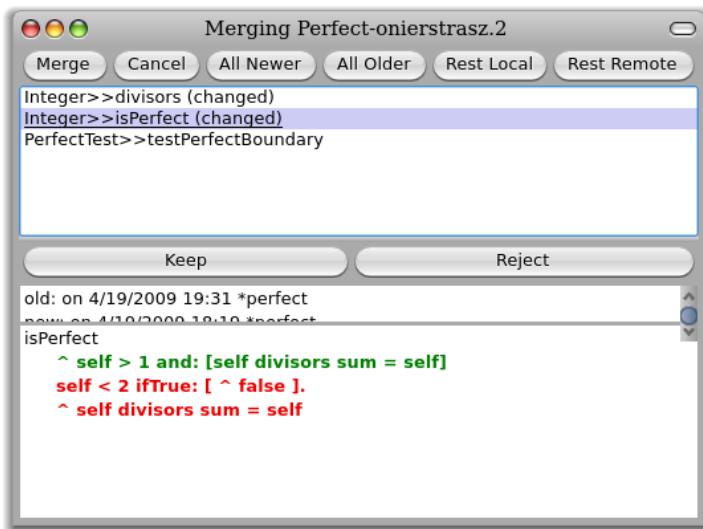


FIGURE 13.14 – Garder et rejeter les changements.

Remarquez que l’outil de fusion offre des boutons pour sélectionner tous les nouveaux changements ou tous les anciens, ou encore pour sélectionner tous les changements locaux ou tous ceux distants qui sont toujours en conflit.

Gardez la méthode Integer»isPerfect et rejetez la méthode Integer»divisors. Cliquez sur le bouton Merge. Confirmez que les tests passent tous au vert. Archivez la nouvelle version fusionnée de Perfect comme la version 4.

Si vous rafraîchissez le Repository Inspector, vous verrez qu’il n’y a plus de versions en caractères gras, *c-à-d.* toutes les versions sont ancêtres de la version 4 actuellement chargée (voir la figure 13.15).

13.2 Explorer les dépôts de Monticello

Monticello a de nombreuses autres fonctionnalités. Comme nous pouvons le voir dans la figure 13.1, la fenêtre Monticello Browser a neuf boutons. Nous avons déjà utilisé quatre d’entre eux — **+Package**, **Save**, **+Repository** et **Open**. Nous allons voir maintenant les boutons **Browse**, **Changes** et **History**. Ils sont utilisés pour explorer l’état et l’histoire des dépôts.

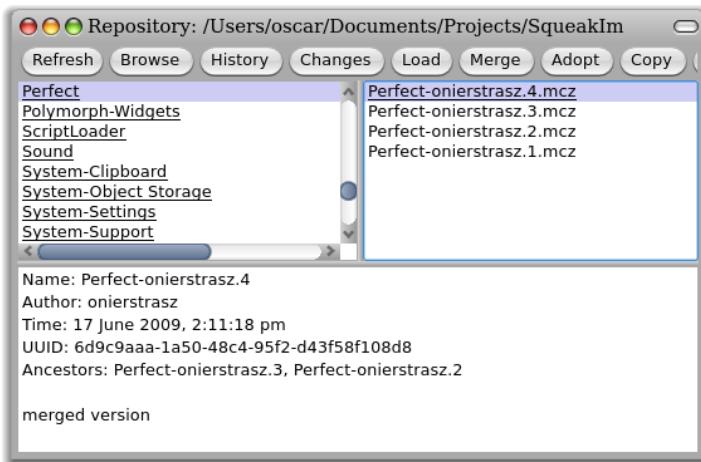


FIGURE 13.15 – Toutes les anciennes versions sont désormais ancêtres de la version fusionnée numéro 4.

Browse

Le bouton **Browser** ouvre un “Snapshot Browser” (ou navigateur de captures) pour afficher le contenu d’un paquetage. L’avantage du Snapshot Browser sur le Browser est sa capacité à afficher les extensions de classe.

- Sélectionnez le paquetage Perfect et cliquez sur le bouton **Browser**.

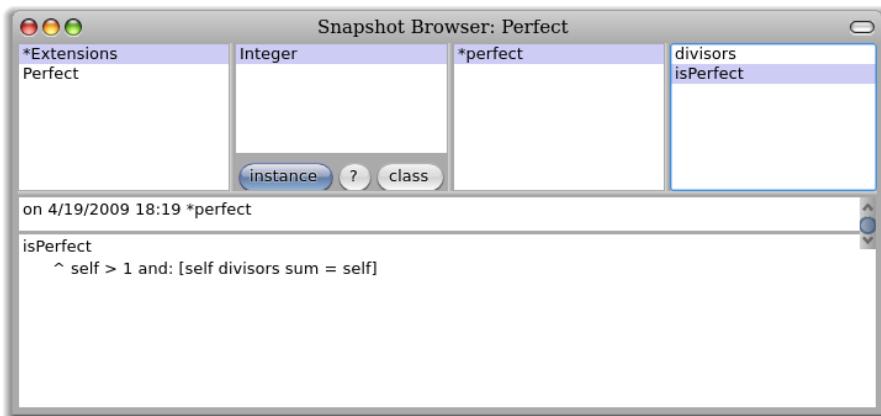


FIGURE 13.16 – Le Snapshot Browser montre que le paquetage Perfect étend la classe Integer avec deux méthodes.

Par exemple, la figure 13.16 affiche les extensions de classe définies dans le paquetage *Perfect*. Notez que le code ne peut pas être édité ici en cliquant avec le bouton d'action, si votre environnement a bien été configuré.

La bonne pratique consiste à toujours naviguer dans le code de votre paquetage avant de le publier pour vous assurer qu'il contient bien ce que vous pensez.

Changes

Le bouton **Changes** calcule la différence entre le code dans l'image et la plus récente version du paquetage dans le dépôt via le Patch Browser (que nous pourrions traduire "navigateur de correctifs").

 Faites les changements suivants dans PerfectTest puis, cliquez sur le bouton **Changes** dans le Monticello Browser.

```
PerfectTest»testPerfect
self assert: 2 isPerfect not.
self assert: 6 isPerfect.
self assert: 7 isPerfect not.
self assert: 496 isPerfect.

PerfectTest»testPerfectTo1000
self assert: ((1 to: 1000) select: [:each | each isPerfect]) = #(6 28 496)
```

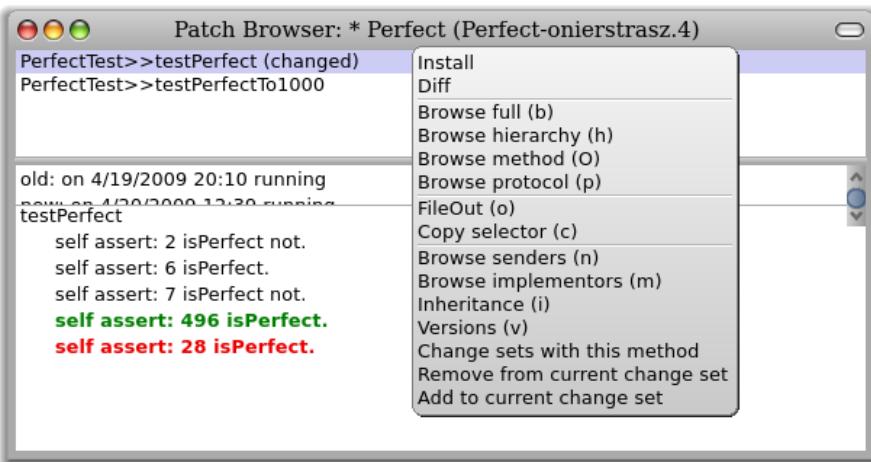


FIGURE 13.17 – Le Patch Browser montre la différence entre le code dans l'image et la version la plus récemment archivée.

La figure 13.17 montre que le paquetage Perfect a été modifié avec une méthode changée et une nouvelle méthode. Comme d'habitude, cliquer avec le bouton d'action sur un changement vous propose un choix d'opérations contextuelles.

History

Le bouton **[History]** ouvre un History Browser ; c'est **visualiseur sur l'historique des versions qui affiche les messages de journalisation** archivés avec chaque version du paquetage sélectionné. (voir la figure 13.18). Les versions du paquetage, dans le cas de Perfect, sont listés sur le panneau de gauche alors que l'information à propos de la version sélectionnée est affichée sur le panneau de droite.

 Sélectionnez le paquetage Perfect et cliquez sur le bouton **[History]**.

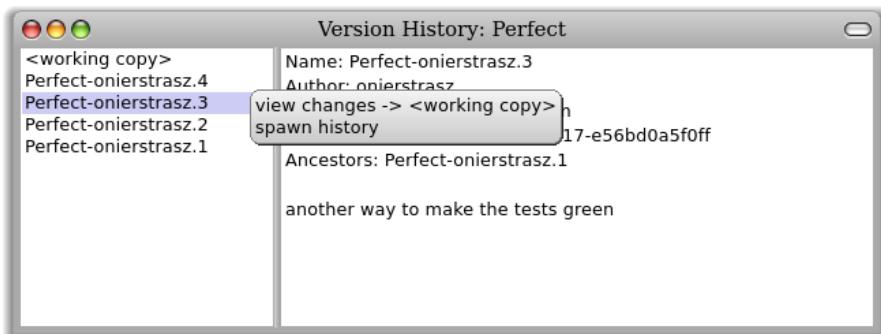


FIGURE 13.18 – L'History Browser fournit **l'information journalisée** des différentes versions d'un paquetage.

En cliquant avec le bouton d'action sur une version particulière, vous pouvez explorer les changements par rapport à la version actuelle du paquetage chargé dans l'image ou lancer un nouveau History Browser pour une version sélectionnée.

13.3 Sujets avancés

Nous allons voir plusieurs sujets avancés dont le *backporting*, la gestion des dépendances et l'initialisation de classe.

le *backporting*

Nous voulons parfois porter des changements d'une branche à une autre, sans être forcés à fusionner ces branches. Le *backporting* (ou "rétro-portage") est un traitement qui consiste à appliquer des changements choisis d'une version d'un paquetage sur une ancienne de manière à ce que ces changements puissent être fusionnées dans les branches de cette dernière. C'est utile, spécialement quand des corrections d'un logiciel défectueux doivent être fusionnées dans de multiples branches.

Ce procédé est illustré dans la figure 13.19. Supposons que la branche principale de notre logiciel comprend des versions A et B maintenues par Michel. Carole, une *contributrice*, a développé une branche distincte expérimentale C avec les changements X et Y. Le changement X corrige un vilain problème dans les versions A et B, ainsi Michel demande à Carole de préparer une branche D pour le *backporting* ne contenant que le changement X. Maintenant Michel peut fusionner B et D pour produire une nouvelle version E qui corrige le défaut. Carole peut continuer de développer sa branche indépendante C.

Le système enregistre le fait que cette nouvelle version est insu d'un *backporting* d'une version ultérieure et utilisera cette information au moment de la fusion.

Pour utiliser le bouton **Backport**, vous devez simplement avoir sauvegardé votre paquetage — si votre paquetage est marqué avec * (sceau de la modification), le bouton **Backport** est désactivé. Quand vous pressez sur le bouton **Backport**, vous serez tout d'abord questionné sur l'ancêtre que vous voulez rétro-porter. Une liste à sélections multiples de tous les changements entre l'ancêtre et la version actuelle vous sera présentée. Choisissez seulement les changements que vous voulez porter par *backporting* et pressez ensuite sur le bouton **Select**.

Voyons comment cela fonctionne en pratique. Rappellez-vous que nous avons préalablement rejeté l'implémentation de `isPerfect` lorsque nous avons fusionné les versions 2 et 3 du paquetage `Perfect`. Nous allons récupérer ce changement en tant qu'élément de *backporting* pour la version 1 : les versions 1, 2 et 3 jouent le rôle de version A, B et C respectivement dans la figure 13.19.

 Déchargez le paquetage `Perfect`. Ouvrez maintenant un *Repository Inspector* sur votre package-cache et chargez la version 3 de `Perfect`. Dans le *Monticello Browser*, sélectionnez `Perfect` et cliquez sur le bouton **Backport**. Sélectionnez la version 1 en tant qu'ancêtre. Vous devrez pouvoir naviguer dans les changements entre les versions 3 et 1 comme vous pouvez le voir sur la figure 13.20. Sélectionnez la méthode `Integer»isPerfect` et cliquez sur le bouton **Select**.

Bravo ! Vous avez fait un *backporting* de la méthode `isPerfect` de la version 3 à la version 1 du paquetage `Perfect`. Tout changement que vous n'avez pas sélectionné ont subi une révision ; votre image ne contient que le code de la

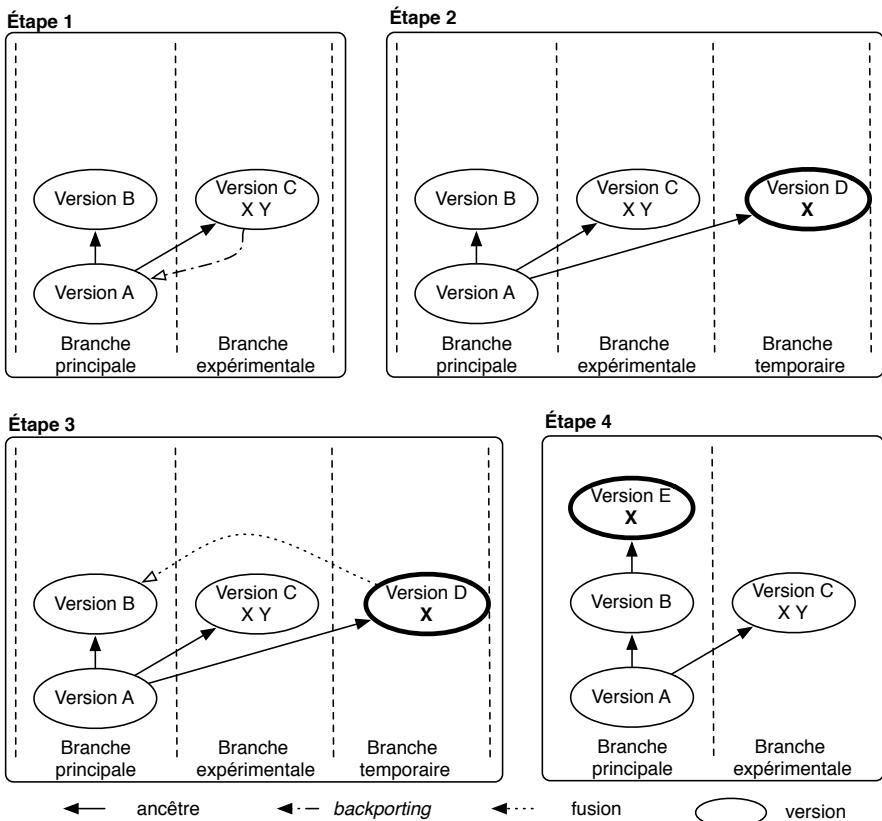


FIGURE 13.19 – Backporting ou rétro-portage du changement X depuis la version C vers la version A pour produire une nouvelle branche D. D peut être fusionnée dans B ensuite, sans affecter C.

version-ancêtre 1, plus les changements que vous avez choisis. Vous devriez voir, dans Monticello Browser, que la version actuellement chargée de Perfect est désormais la version 1 (en non plus la version 3). Si vous cliquez sur le bouton **Changes**, vous verrez que le seul changement est la méthode `isPerfect`. **Vous pouvez sauvegarder maintenant cette version de backporting et, par exemple, le fusionner dans quelque chose d'autre.**

Les dépendances

La plupart des applications ne peuvent pas vivre seules et exigent typiquement la présence d'autres paquetages pour pouvoir fonctionner normalement.

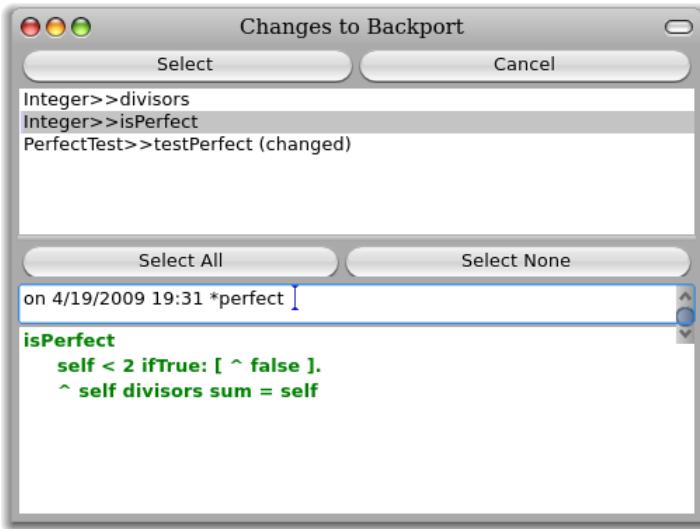


FIGURE 13.20 – Backporting changes from version 3 to version 1 of the Perfect package.

Par exemple, jetons un oeil à l’application Pier⁸, un système de gestion de contenus à métadécriptions. Pier est un logiciel grand taille avec plusieurs facettes (outils, documentations, *blog*, assistance dynamique ou catch strategy, sécurité, …). Chaque facette est implémenté dans un paquetage séparé. La plupart des paquetages Pier ne peuvent pas être utilisés de façon isolée puisqu’ils se réfèrent à des méthodes et des classes définies dans d’autres paquetages. Monticello fournit un mécanisme de dépendances pour déclarer les *paquetages requis*⁹ d’un paquetage donné pour s’assurer qu’il sera correctement chargé.

L’essentiel de ce mécanisme assure que tous les paquetages requis d’un paquetage soient chargés avant que le paquetage à charger le soit. Puisque les paquetages requis peuvent, eux aussi, exiger d’autres paquetages, le processus est appliqué de façon récursive à un arbre de dépendances, assurant que les feuilles de l’arbre sont chargées avant les branches qui dépendent d’elles. À chaque fois que de nouvelles versions de paquetages requis sont vérifiées, les nouvelles versions des paquetages qui dépendent d’elles dépendront automatiquement des nouvelles versions.

Les dépendances ne peuvent s’exprimer de manière transversale entre les dépôts. Tous les paquetages requis et exigeants doivent se trouver dans le même dépôt.

8. <http://source.lukas-renggli.ch/pier>

9. En anglais, *required packages*.

La figure 13.21 illustre comment cela fonctionne dans Pier. Le paquetage Pier-All est un *paquetage vide* qui agit comme une *sorte d'écran*. Il exige Pier-Blog, Pier-Caching et d'autres paquetages Pier.

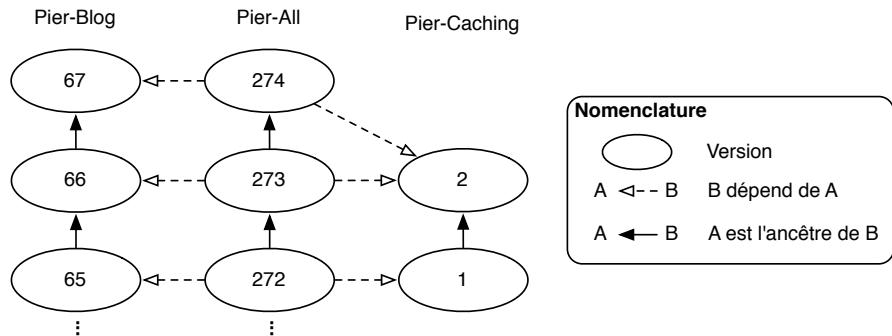


FIGURE 13.21 – Les dépendances dans Pier.

En raison de ces dépendances, installer Pier-All entraîne l'installation de tous les autres paquetages Pier. Plus tard, en développant Pier, le seul paquetage qu'il sera nécessaire de sauvegarder est Pier-All ; tous les paquetages dépendants dans l'état *dirty* seront sauvés automatiquement.

Voyons comment cela fonctionne en pratique. Notre paquetage Perfect lie actuellement les tests et l'implémentation. Supposons que nous aimions plutôt les séparer en plusieurs paquetages ; ainsi, l'implémentation peut être chargée sans les tests. *Par défaut, cependant, nous voudrions tout charger.*

⌚ Suivez les étapes suivantes :

- Chargez la version 4 du paquetage Perfect depuis le package-cache ;
- Créez un nouveau paquetage dans le Browser nommé NewPerfect-Tests et glissez-déposez la classe PerfectTest dans ce paquetage ;
- Renommez le protocole *perfect de la classe Integer en *newperfect-extensions (cliquez avec le bouton d'action pour la renommer) ;
- Dans le Monticello Browser, ajoutez les paquetages NewPerfect-All et NewPerfect-Extensions ;
- Ajoutez NewPerfect-Extensions et NewPerfect-Tests comme paquetages requis (required packages) à NewPerfect-All en cliquant avec le bouton d'action sur NewPerfect-All ;
- Sauvegardez le paquetage NewPerfect-All dans le dépôt package-cache ; remarquez que Monticello propose une saisie de messages journalisés aussi durant la sauvegarde des paquetages requis ;
- Vérifiez que tous les trois paquetages ont bien été sauvegardé dans le package-cache ;
- Monticello pensent que Perfect est toujours chargé donc, déchargez-le et chargez le paquetage NewPerfect-All depuis le Repository Inspector. De ce fait, les

- paquetages NewPerfect-Extensions et NewPerfect-Tests seront chargés en tant que paquetages requis ;*
- *Vérifiez que tous les tests sont au vert.*

Remarquez que les paquetages indépendants sont affichés en gras quand NewPerfect-All est sélectionné dans le Monticello Browser (voir la figure 13.22).

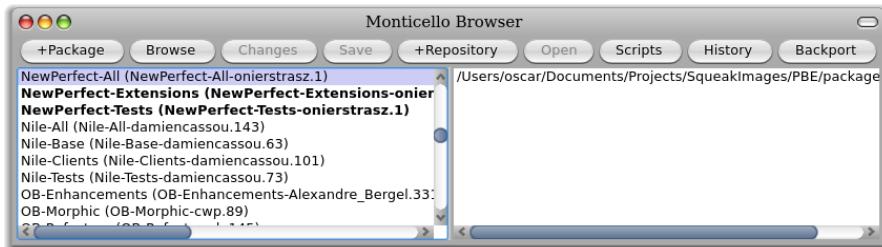


FIGURE 13.22 – NewPerfect-All exige la présence des paquetages NewPerfect-Extensions et NewPerfect-Tests.

Si vous continuez à développer le paquetage Perfect, vous devriez uniquement charger ou sauvegarder NewPerfect-All plutôt que ses paquetages requis.

En voici les raisons :

- Si vous chargez NewPerfect-All depuis le dépôt (package-cache ou n’importe quel autre dépôt), les packages NewPerfect-Extensions et NewPerfect-Tests seront alors chargés depuis le même dépôt ;
- Si vous changez la classe PerfectTest, les paquetages NewPerfect-Tests et NewPerfect-All deviendront dès lors *dirty* tous les deux (mais pas le paquetage NewPerfect-Extensions) ;
- Si vous archivez les changements, vous devriez sauvegarder NewPerfect-All. Ceci archivera une nouvelle version de NewPerfect-All qui exigera alors la nouvelle version de NewPerfect-Tests (elle dépendra aussi de la version déjà existante et non-modifiée de NewPerfect-Extensions). Charger la dernière version de NewPerfect-All vous assurera du chargement de la dernière version des paquetages requis ;
- Si vous sauvegardez plutôt le paquetage NewPerfect-Tests, ceci n’entraînera *pas* la sauvegarde du paquetage NewPerfect-All. C’est mauvais parce que vous créez un cassure avec les dépendances. Si vous chargez ensuite la dernière version de NewPerfect-All, vous n’obtiendrez pas les dernières versions des paquetages requis. Ne le faites pas !

Nappelez pas votre paquetage **exigeant** avec un **suffixe** (*par ex., Perfect*) qui pourrait **correspondre au nom de vos sous-paquetages requis**. Ne définissez pas Perfect comme paquetage requis de Perfect-Extensions ou de PerfectTest. Vous risqueriez d'avoir des problèmes puisque **Monticello devra sauvegarder toutes les classes des trois paquetages là où vous voulons seulement deux paquetages archivés et un paquetage vide au sommet de cet arbre de dépendances**; ce dernier exigeant la présence de deux précédents paquetages.

Initialisation de classe

classe !initialisation Monticello !initialisation de classe Lorsque Monticello charge un paquetage dans une image, toute classe définissant la méthode initialize dans le côté classe se verra envoyer le message initialize. Le message est envoyé *uniquement* aux classes qui définissent cette méthode dans le côté classe. Une classe qui ne définit pas cette méthode ne sera pas initialisée, même si initialize est défini par une de ses super-classes. Notez que la message initialize n'est pas envoyé quand vous rechargez simplement un paquetage !

L'initialisation de classe peut être utilisée pour réaliser un certain nombre de vérifications ou d'actions spéciales. Une application particulièrement utile consiste à ajouter de nouvelles variables d'instance à une classe.

Les extensions de classes sont strictement limitées à l'ajout de méthodes pour une classe. Cependant, des méthodes d'extension auraient parfois besoin que de nouvelles variables d'instance existent.

Supposons, par exemple, que nous voulions étendre la classe TestCase de SUnit avec des méthodes pour garder une trace de l'historique de la dernière fois qu'un test était au rouge. Nous aurions besoin de stocker l'information quelque part mais, malheureusement nous ne pouvons pas définir des variables d'instance comme élément de notre extension.

Définir une méthode initialize dans le côté classe d'une des classes est une solution :

```
TestCaseExtension class>>initialize
  (TestCase instVarNames includes: 'lastRedRun')
    ifFalse: [TestCase addInstVarName: 'lastRedRun']
```

Quand notre paquetage est chargé, le code sera exécuté et la variable d'instance lastRedRun (pour "*dernier-lancement-au-rouge*") sera ajoutée si elle n'existe pas.

13.4 Les variétés de dépôts

Plusieurs sortes de dépôts sont supportées par Monticello, chacune ayant différentes caractéristiques et usages. Les dépôts (ou *repositories*) peuvent être en lecture seule (*read-only*), en écriture seule (*write-only*) ou en lecture/écriture (*read-write*). Les droits d'accès peuvent être définis de manière globale ou peuvent être liés à un utilisateur particulier (comme dans SqueakSource, par exemple).

HTTP Le dépôt HTTP (ou *HTTP repository*) est probablement le plus populaire des dépôts puisqu'il est supporté par SqueakSource.

Le bon côté des dépôts HTTP est qu'il est facile à lier directement à des versions spécifiques de sites web. Avec un peu de travail pour la configuration d'un serveur HTTP, les dépôts HTTP peuvent être rendus navigables par un navigateur web ordinaire, des clients WebDAV ou plein d'autres choses.

Les dépôts HTTP peuvent être utilisés avec un serveur HTTP autre que SqueakSource. Par exemple, une simple configuration¹⁰ transforme Apache en un dépôt Monticello repository avec des droits d'accès restreint :

"Mon installation Apache2 fonctionne directement comme un dépôt Monticello sur mon serveur RedHat 7.2. Pour la postérité, voici ce que j'ai dû ajouter à ma configuration Apache2."

```
Alias /monticello/ /var/monticello/
<Directory /var/monticello>
    DAV on
    Options indexes
    Order allow,deny
    Allow from all
    AllowOverride None
    # Limite la permission en écriture à une liste
    # d'utilisateurs valides.
    <LimitExcept GET PROPFIND OPTIONS REPORT>
        AuthName "Authorization Realm"
        AuthUserFile /etc/monticello-auth
        AuthType Basic
        Require valid-user
    </LimitExcept>
</Directory>
```

"Ceci crée un dépôt Monticello lisible par tout le monde et sur lequel seuls les utilisateurs autorisés peuvent écrire dans le répertoire /var/monticello. J'ai créé les comptes dans /etc/monticello-auth avec htpasswd. C'est tout.

J'adore Monticello et j'attends les évolutions futures."

10. <http://www.visoracle.com/squeak/faq/monticello-1.html>

FTP C'est un dépôt similaire au dépôt HTTP à l'exception qu'il utilise un serveur FTP. Ce dernier peut aussi offrir un accès restreint et différents clients FTP peuvent être utilisés pour naviguer le dépôt Monticello.

GOODS Ce type de dépôt stocke les versions dans une base de données objet GOODS. GOODS est un système de gestion de base de données distribuée orientée objet qui fait appel à un modèle de client actif¹¹. C'est une dépôt accessible en lecture et en écriture ; c'est donc un bon dépôt de travail où les versions peuvent être archivées et récupérer. Grâce au support des transactions et à ses possibilités de journalisation et de replicats, GOODS convient bien aux gros dépôts partagés par plusieurs clients.

Le répertoire Un dépôt-répertoire stocke les versions dans un répertoire sur le système de fichiers local. Puisqu'il requiert très peu de préparation pour le configurer, c'est une solution pratique pour les projets privés ou déconnectés (puisque n'y a pas de connexion réseau). Le package-cache que nous avons utilisé dans les exercices de ce chapitre est une exemple de ce type de dépôt. Les versions dans un dépôt-répertoire peuvent être copiées par la suite vers un dépôt public ou partagé SqueakSource supporte cette possibilité en permettant l'import des versions de paquetages pour un projet donné via les [fichiers .mcz](#). Loggez-vous dans SqueakSource, naviguez dans le projet qui vous intéresse et cliquez sur le lien [Import Versions](#).

Le répertoire avec dossiers Un répertoire avec dossiers (ou "*directory with subdirectories*") est similaire au dépôt-répertoire à l'exception du fait qu'il inspecte les sous-répertoires pour récupérer la liste les paquetages disponibles. Plutôt que d'avoir un [répertoire plat](#) contenant toutes les versions de paquetages, ce type de dépôt peut être structuré de façon hiérarchique avec les dossiers qu'il contient.

SMTP Les dépôts SMTP sont utiles pour envoyer les versions par email. Quand vous créez un dépôt SMTP, vous spécifiez une adresse email de destination : ce peut être l'adresse d'un autre développeur — le mainteneur du paquetage, par exemple — ou une liste de diffusion telle que pharo-project. Toutes versions sauvegardées dans un tel dépôt seront envoyées à cette adresse email. Les dépôts SMTP sont en écriture seule.

Utiliser SqueakSource

SqueakSource est une dépôt en ligne que vous pouvez utiliser pour stocker vos paquetages Monticello. Une instance est accessible sur <http://www.garret.ru/goods.html>.

11. <http://www.garret.ru/goods.html>

squeaksource.com. Au moment où ce chapitre est traduit, plus de 1500 projets sont enregistrés sur SqueakSource et près de 2000 personnes ont un compte. La figure 13.23 montre la page web principale.

The screenshot shows the main page of SqueakSource. At the top, there's a navigation bar with links for Home, Projects, Tags, Members, Groups, and Help. A "up to date" badge is visible in the top right corner. On the left, there's a sidebar with sections for Actions (RSS feed, Register Member, Register Group, Register Project) and Authentication (Login). The main content area has a heading "Home". It contains a welcome message about creating projects and managing accounts. Below that is a note about the service being free and self-hosted. There's also a link to the Squeak Mailing-List. Further down, there's a "Statistics" section with "Members (1949)" and "Projects (1533)". The member statistics include recently joined and most active users, while project statistics include recently created, used, and downloaded projects. At the bottom of the page, there are links for XHTML, CSS, and RSS, along with a timestamp: "22 April 2009".

FIGURE 13.23 – SqueakSource, le dépôt de code Monticello en ligne.

Utilisez votre navigateur web pour visiter le projet <http://pharo-project.org/PharoByExample> à l'adresse <http://www.squeaksource.com/PharoByExample.html>. Ce projet contient le [projet Lights Out du chapitre 2](#). Dans la section d'inscription de la page web, vous devriez voir l'*expression (dite repository expression) suivante :*

```
MCHttpRepository
location: 'http://www.squeaksource.com/PharoByExample'
user: "
password: "
```

Ajoutez ce dépôt à Monticello en cliquant sur le bouton **[+Repository]** puis en sélectionnant **HTTP**. Remplissez le **patron proposé dans la fenêtre de saisie** avec l'URL correspondante au le projet *Lights Out* — vous pouvez copier la repository expression ci-dessus depuis la page web et la coller sur le patron dans l'espace de saisie. Puisque vous n'allez pas archiver de nouvelles versions de ce paquetage, vous n'avez pas besoin de remplir les parties **user** (**utilisateur**) et **password** (**mot de passe**). Ouvrez le dépôt avec le bouton **[Open]**. Sélectionnez la dernière version et cliquez sur le bouton **[Load]** pour charger cette dernière.

Cliquez sur le lien Register Member sur la page d'accueil de SqueakSource sera probablement votre première étape si vous n'avez pas de compte utilisateur SqueakSource. Une fois que vous êtes membre, le lien Register Project vous permet de créer un nouveau projet.

The screenshot shows the 'Register Project' page on the SqueakSource website. The left sidebar contains links for Oscar Nierstrasz, Logout, Edit Account, and several Squeak-related projects like Coral, Enigma Machine, and JMethods. The main content area has a heading 'Register Project'. It includes a note about uniqueness and a list of permissions for guests, developers, and administrators. Below this are fields for Name, Title, and Description, each with a text input box. Underneath these are several dropdown menus and checkboxes for configuration:

- Tags:** checkboxes for seaside, server, teaching, testing, and xml; a dropdown menu for None.
- License:** a dropdown menu showing 'None'.
- Enable Blessings:** a dropdown menu showing 'no'.
- Global:** a dropdown menu showing 'Read'.
- Send emails to:** a text input box for address.
- Reply-To Address:** a text input box containing 'squeak-dev@lists.squeakfc'.
- Subscriptions:** a checkbox for 'Recieve commit notifications by email'.
- Administrators:** a link '(add)' followed by 'Oscar Nierstrasz (remove)'.
- Developers:** a link '(add)'.
- Guests:** a link '(add)'.

At the bottom are 'Save' and 'Cancel' buttons.

FIGURE 13.24 – Les dépôts sous SqueakSource sont hautement configurables.

Monticello offre un large éventail d'options (voir la figure 13.24) pour configurer un dépôt de projet : des balises (ou tags) peuvent être affectées, une licence peut être choisie, l'accès des personnes ne faisant pas partie du projet peuvent voir leur accès restreint (lecture/écriture, lecture seule, accès refusé), des emails peuvent être envoyés à chaque archivage, des listes de diffusion peuvent être administrées et des utilisateurs peuvent être définis comme

membres du projet (en tant qu'administrateur, développeur ou invité).

13.5 Le format de fichiers .mcz

Les versions sont stockées dans des dépôts sous la forme de fichiers binaires. Ces fichiers sont communément appelés “fichiers mcz” car il **porte l’extension .mcz**. Ils sont l’acronyme de “Monticello zip” puisque les fichiers mcz sont simplement des **fichiers zippés (c-à-d. compressé)** contenant le code source et divers méta-données.

Un fichier mcz peut être copié-collé vers **une image ouverte**, comme un *change set*. Pharo vous demandera si vous voulez charger le paquetage qu'il contient. Cependant Monticello ne connaît pas le dépôt d'origine du paquetage, donc n'utilisez pas cette technique durant le développement.

Vous pouvez essayer de décompresser ce fichier pour voir, par exemple, le code source directement mais, l'utilisateur final n'a normalement pas besoin de le faire lui-même. Si vous le décompressez, vous y trouverez les éléments suivants.

Les fichiers contenus Les fichier mcz sont en fait des archives ZIP qui suivent certaines conventions. Conceptuellement une version contient quatre éléments :

- *Package*. Une version est rattachée à un paquetage particulier. Chaque fichier mcz contient un fichier nommé “package” (pour paquetage, en anglais) contenant le nom du paquetage.
- **VersionInfo**. Il s'agit de la méta-donnée relative à la capture (ou *snapshot*). Il contient les noms (ou initiales) de l'auteur, la date et l'heure à laquelle la capture a été faite et l'ancêtre de la capture. Chaque fichier mcz contient un fichier “version” qui contient cette information.
Une version ne contient pas un historique complet du code source. C'est une capture du code à un instant t, avec un identifiant UUID associé à cette capture et un registre des UUIDs de toutes les précédentes captures dont elle est issue.
- *Snapshot*. le *Snapshot* ou capture est un enregistrement de l'état du paquetage à un instant t. Chaque fichier mcz contient un répertoire “snapshot/”. Tous les **fichiers** de ce répertoire contiennent les définitions d'éléments de programme qui, une fois combinés, forment le *Snapshot*. Les versions actuelles de Monticello ne créent qu'un **fichier** dans ce répertoire ; ce **fichier** s'appelle “source.st”.

- *Dependencies.* Une version peut dépendre d'une version spécifique d'autres paquetages. Un fichier mcz peut contenir un répertoire "dependencies/" avec un fichier pour chaque dépendance. Ces fichiers seront nommés d'après chaque paquetage auquel le paquetage Monticello dépend. Par exemple, un fichier mcz Pier-All contiendra les fichiers nommés Pier-Blog et Pier-Caching dans le répertoire dependences..

L'encodage du code source Le fichier appelé "snapshot/source.st" est un fichier d'exportation standard ou fileout du code qui appartient au paquetage.

L'encodage des métadonnées Les autres fichiers de la archive ZIP sont codés sous la forme d'[expressions symboliques connues aussi sous le nom de s-expressions](#). Conceptuellement l'expression représente des dictionnaires imbriqués. Chaque paire d'éléments dans une liste représente une clé et une valeur. Par exemple, le morceau de code suivant est un extrait du fichier "version" d'un paquetage nommé AA :

```
(name 'AA-ab.3' message 'empty log message' date '10 January 2008' time '10
:31:06 am' author 'ab' ancestors ((name 'AA-ab.2' message...)))
```

Ce qui simplement dit que la version AA-ab.3 a un [message de journalisation](#) vide (en anglais, *empty log message*), a été créé le 10 Janvier 2008 (January 10, 2008) par ab et a pour ancêtre la version AA-ab.2, ...

13.6 Résumé du chapitre

Ce chapitre vous a présenté les fonctionnalités de Monticello de façon détaillée. Les points suivants ont été explorés :

- Monticello exploite les catégories et protocoles de méthode de Smalltalk. Si vous avez un paquetage appelé Foo dans Monticello, il incluera toutes les classes dans les catégories nommées Foo etou commençant par Foo-. Il comprendra aussi toutes les méthodes dans ces catégories à l'exception de celles dont les protocoles commencent par un astérisque *. Finalement, le paquetage incluera toutes les méthodes d'extension de classe des protocoles de la forme *foo ou commençant par *foo- ; qu'importe où se trouvent ces protocoles dans le système.
- Quand vous modifiez une méthode ou une classe d'un paquetage, il sera marqué en tant que paquetage "dirty" (c-à-d. sale) dans Monticello et pourra être sauvegardé dans un dépôt ou repository.
- Il y a une grande variété de dépôts ; les plus populaires sont basés sur le protocole HTTP comme le sont les dépôts hébergés sur SqueakSource.

- Les paquetages sauvegardés sont mémorisés localement dans un répertoire appelé package-cache.
- Le Monticello Repository Inspector peut être utilisé pour naviguer dans un dépôt. Vous pouvez sélectionner quelle version des paquetages vous voulez charger ou décharger.
- Vous pouvez créer une nouvelle *branche* d'un paquetage en basant un nouvelle version sur une autre version plus récente que la dernière version. Le Repository Inspector garde une trace de la version ancêtre des paquetages et peut vous dire quelles versions appartiennent à une branche distincte.
- Les branches peuvent être *fusionnées*. Monticello offre un **contrôle en finesse sur la résolution des conflits entre les versions fusionnées**. La version fusionnée aura pour ancêtre les deux versions depuis lesquelles elle a été fusionnée.
- Sinon, les changements sélectionnés dans une branche peuvent être **rétro-portée via la fonction de backporting pour une certaine version plus récente**. Le *backporting* créera une nouvelle version qui peut être fusionnée avec n'importe quelle autre version qui aurait besoin de ces changements : la branche originale d'où provient le *backporting* restant indépendante de la branche dans laquelle se produit la fusion.
- Monticello peut garder une trace des dépendances entre les paquetages. Lorsque un paquetage ayant des dépendances avec des paquetages requis est archivé, une nouvelle version de ce paquetage est créée : cette version dépend des dernières versions de tous les paquetages requis.
- Si des classes dans vos paquetages ont une méthode initialize côté classe, initialize sera alors envoyé à ces classes durant le chargement du paquetage qui l'inclut. Ce mécanisme peut être utilisé pour effectuer diverses vérifications ou actions initiales. Une application particulièrement utile consiste à ajouter une nouvelle variable d'instance aux classes pour lesquelles vous définissez des méthodes d'extension.
- Monticello stocke les versions de paquetage dans un fichier compressé ZIP avec l'extension .mcz. Ce fichier mcz contient une capture du code source complet de cette version de votre paquetage ainsi que des fichiers contenant entre autres d'importantes métadonnées telles que les dépendances de paquetage.
- Une technique rapide pour charger une version d'un paquetage est de glisser-déposer son fichier mcz dans votre image.

Cinquième partie

Les Bibliothèques

Chapitre 14

Seaside par l'exemple

À CORRIGER! MARTIAL: CHAPITRE CHERCHE TRADUCTEUR

Seaside is a framework for building web applications in Smalltalk. It was originally developed by Avi Bryant in 2002 ; once mastered, Seaside makes web applications almost as easy to write as desktop applications.

Two of the better known applications built with Seaside are Squeak-Source¹ and Dabble DB². Seaside is unusual in that it is thoroughly object-oriented : there are no XHTML templates, no complicated control flows through web pages, and no encoding of state in URLs. Instead, you just send messages to objects. What a nice idea !

14.1 Why do we need Seaside ?

Modern web applications try to interact with the user in the same way as desktop applications : they ask the user questions and the user responds, usually by filling in a form or clicking a button. But the web works the other way around : the user's browser makes a request of the server, and the server responds with a new web page. So web application development frameworks have to cope with a host of problems, chief among them being the management of this "inverted" control flow. Because of this, many web applications try to forbid the use of the browser's "back" button due to the difficulty of keeping track of the state of a session. Expressing non-trivial control flows across multiple web pages is often cumbersome, and multiple control flows can be difficult or impossible to express.

Seaside is a component-based framework that makes web development

1. <http://SqueakSource.com>

2. <http://DabbleDB.com>

easier in several ways. First, control flow can be expressed naturally using message sends. Seaside keeps track of which web page corresponds to which point in the execution of the web application. This means that the browser's "back" button works correctly.

Second, state is managed for you. As the developer, you have the choice of enabling backtracking of state, so that navigation "back" in time will undo side-effects. Alternatively, you can use the transaction support built into Seaside to prevent users from undoing permanent side-effects when they use the back button. You do not have to encode state information in the URL—this too is managed automatically for you.

Third, web pages are built up from nested components, each of which can support its own, independent control flow. There are no XHTML templates—instead valid XHTML is generated programmatically using a simple Smalltalk protocol. Seaside supports Cascading Style Sheets (CSS), so content and layout are cleanly separated.

Finally, Seaside provides a convenient web-based development interface, making it easy to develop applications iteratively, debug applications interactively, and recompile and extend applications while the server is running.

14.2 Getting started

The easiest way to get started is to download the "Seaside One-Click Experience" from the Seaside web site³. This is a prepackaged version of Seaside 2.8 for Mac OSX, Linux and Windows. The same web site lists many pointers to additional resources, including documentation and tutorials. Be warned, however, that Seaside has evolved considerably over the years, and not all available material refers to the latest version of Seaside.

Seaside includes a web server; you can turn the server on, telling it to listen on port 8080, by evaluating `WAKom startOn: 8080`, and you can turn it off again by evaluating `WAKom stop`. In the default installation, the default administrator login is `admin` and the default password is `seaside`. To change them, evaluate : `WADispatcherEditor initialize`. This will prompt you for a new name and password.

- ❶ Start the Seaside server and direct a web browser to `http://localhost:8080/seaside/`.

You should see a web page that looks like la figure 14.1.

- ❷ Navigate to the examples▷counter page. (la figure 14.2)

3. <http://seaside.st>

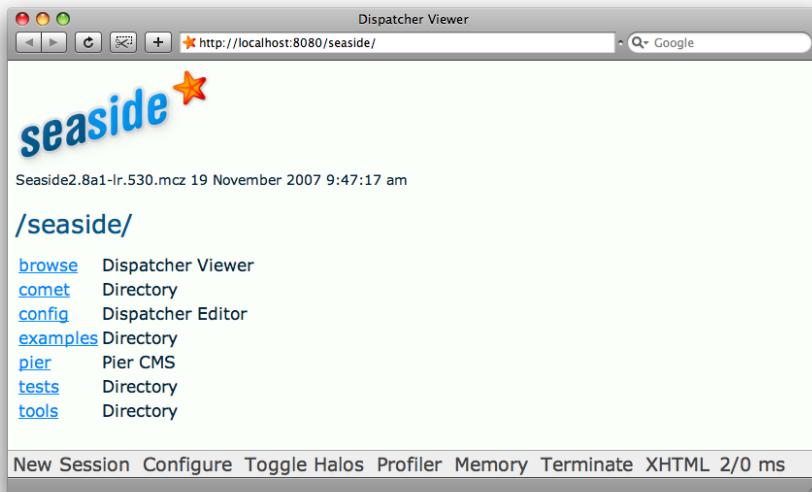


FIGURE 14.1 – Starting up Seaside

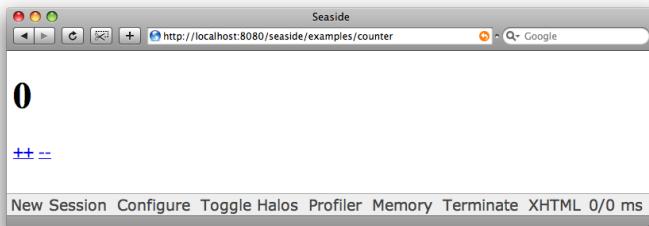


FIGURE 14.2 – The counter.

This page is a small Seaside application : it displays a counter that can be incremented or decremented by clicking on the [++](#) and [--](#) links.

 *Play with the counter by clicking on these links. Use your browser's "back" button to go back to a previous state, and then click on [++](#) again. Notice how the counter is correctly incremented with respect to the currently displayed state, rather than the state that the counter was in when you started using the "back" button.*

Notice the toolbar at the bottom of the web page in figure 14.1. Seaside supports a notion of “sessions” to keep track of the state of the application for different users. [New Session](#) will start a new session on the counter ap-

plication. **Configure** allows you to configure the settings of your application through a convenient web-interface. (To close the **Configure** view, click on the **x** in the top right corner.) **Toggle Halos** provides a way to explore the state of the application running on the Seaside server. **Profiler** and **Memory** provide detailed information about the run-time performance of the application. **XHTML** can be used to validate the generated web page, but works only when the web page is publicly accessible from the Internet, because it uses the W3C validation service.

Seaside applications are built up from pluggable “components”. In fact, components are ordinary Smalltalk objects. The only thing that is special about them is that they should be instances of classes that inherit from the Seaside framework class **WAComponent**. We can explore components and their classes from the Pharo image, or directly from the web interface using halos.

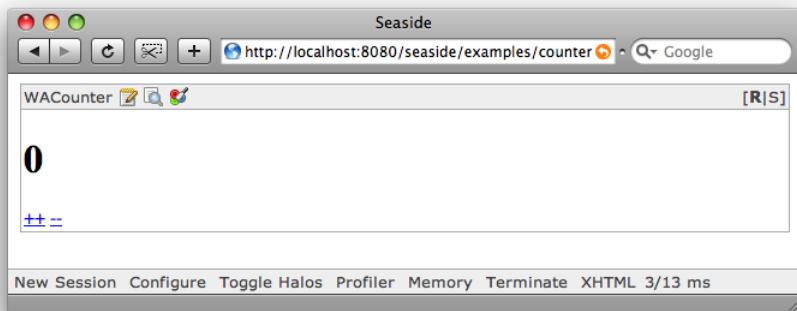


FIGURE 14.3 – Halos

 Select **Toggle Halos**. You should see a web page like la figure 14.3. At the top left the text **WACounter** tells us the class of the Seaside component that implements the behavior of this web page. Next to this are three clickable icons. The first, with the pencil, activates a Seaside class browser on this class. The second, with the magnifying glass, opens an object inspector on the currently active **WACounter** instance. The third, with the coloured circles, displays the CSS style sheet for this component. At the top right, the **R** and **S** let you toggle between the rendered and source views of the web page. Experiment with all of these links. Note that the **++** and **-** links are also active in the source view. Contrast the nicely-formatted source view provided by the Halos with the unformatted source view offered by your browser.

The Seaside class browser and object inspector can be very convenient when the server is running on another computer, especially when the server does not have a display, or if it is in remote place. However, when you are

first developing a Seaside application, the server will be running locally, and it is easy to use the ordinary Pharo development tools in the server image.

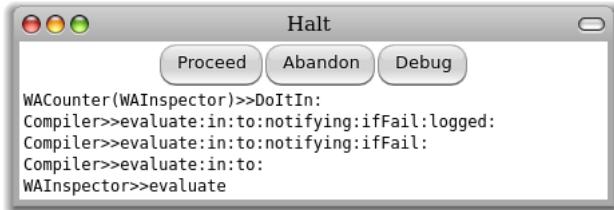


FIGURE 14.4 – Halting the counter

Using the object inspector link in the web browser, open an inspector on the underlying Smalltalk counter object and evaluate self halt. The web page will stop loading. Now switch to the Seaside image. You should see a pre-debugger window (la figure 14.4) showing a WACounter object executing a halt. Examine this execution in the debugger, and then Proceed. Go back to the web browser and notice that the counter application is running again.

Seaside components can be instantiated multiple times and in different contexts.

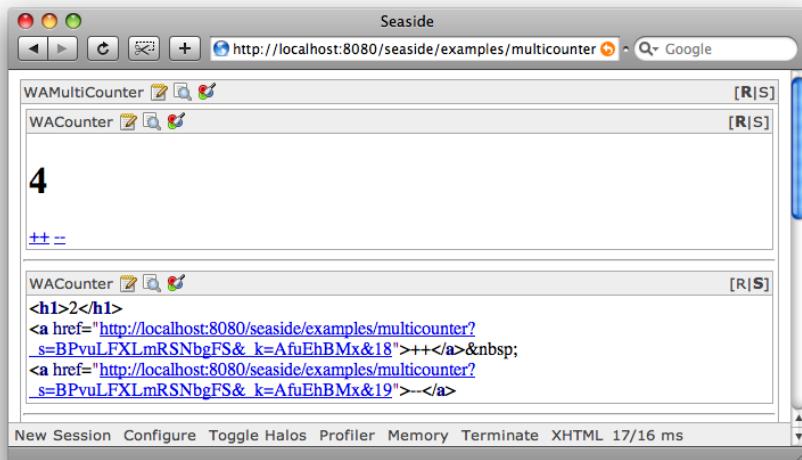


FIGURE 14.5 – Independent subcomponents

 Point your web browser to `http://localhost:8080/seaside/examples/multicounter`. You will see an application built out of a number of independent instances of the counter component. Increment and decrement several of the counters. Verify that they behave correctly even if you use the “back” button. Toggle the halos to see how the application is built out of nested components. Use the Seaside class browser to view the implementation of `WAMultiCounter`. You should see three methods on the class side (`canBeRoot`, `description`, and `initialize`) and three on the instance side (`children`, `initialize`, and `renderContentOn:`). Note that an application is simply a component that is willing to be at the root of the component containment hierarchy ; this willingness is indicated by defining a class-side method `canBeRoot` to answer true.

You can use the Seaside web interface to configure, copy or remove individual applications (*c-à-d.* root-level components). Try making the following configuration change.

 Point your web browser to `http://localhost:8080/seaside/config`. Supply the login and password (admin and seaside by default). Select Configure next to “examples.” Under the heading “Add entry point”, enter the new name “counter2” for the type Application and click on Add (see la figure 14.6). On the next screen, set the Root Component to `WACounter`, then click Save and Close. Now we have a new counter installed at `http://localhost:8080/seaside/examples/counter2`. Use the same configuration interface to remove this entry point.

Seaside operates in two modes : *development* mode, which is what we have seen so far, and *deployment* mode, in which the toolbar is not available. You can put Seaside into deployment mode using either the configuration page (navigate to the entry for the application and click on the Configure link) or click the Configure button in the toolbar. In either case, set the deployment mode to *true*. Note that this affects new sessions only. You can also set the mode globally by evaluating `WAGlobalConfiguration setDeploymentMode` or `WAGlobalConfiguration setDevelopmentMode`.

The configuration web page is just another Seaside application, so it too can be controlled from the configuration page. If you remove the “config” application, you can get it back by evaluating `WADispatcherEditor initialize`.

14.3 Seaside components

As we mentioned in the previous section, Seaside applications are built out of *components*. Let’s take a closer look at how Seaside works by implementing the *Hello World* component.

Every Seaside component should inherit directly or indirectly from `WAComponent`, as shown in la figure 14.8.

 Define a subclass of `WAComponent` called `WAHelloWorld`.

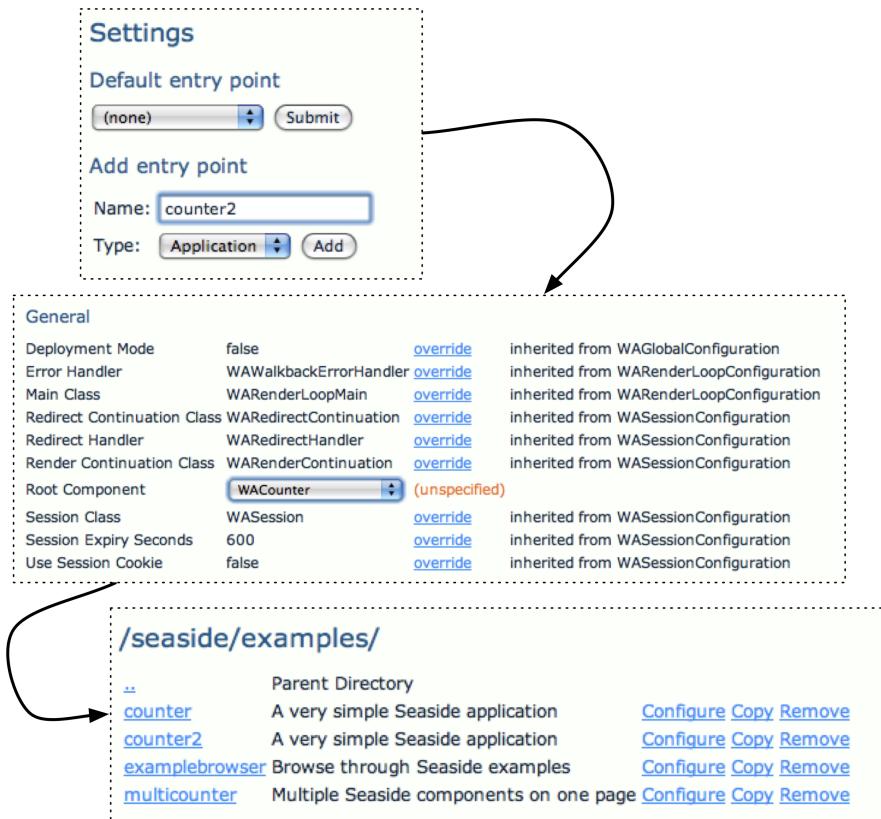


FIGURE 14.6 – Configuring a new application

Components must know how to render themselves. Usually this is done by implementing the method `renderContentOn:`, which gets as its argument an instance of `WAHtmlCanvas`, which knows how to render XHTML.

Implement the following method, and put it in a protocol called rendering :

```
WAHelloWorld»renderContentOn: html
  html text: 'hello world'
```

Now we must inform Seaside that this component is willing to be a standalone application.

Implement the following method on the class side of `WAHelloWorld`.

```
WAHelloWorld class»canBeRoot
```

↑ true

We are almost done !

 Point your web browser at `http://localhost:8080/seaside/config`, add a new entry point called "hello", and set its root component to be `WAHelloWorld`. Now point your browser to `http://localhost:8080/seaside/hello`. That's it ! You should see a web page like la figure 14.7.

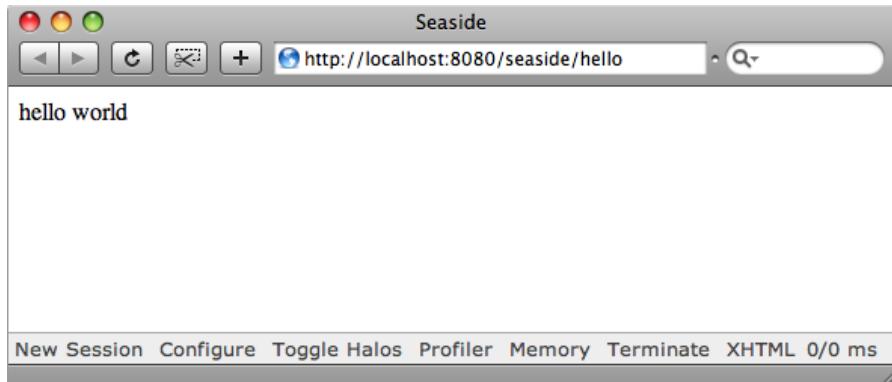


FIGURE 14.7 – “Hello World” in Seaside

State backtracking and the “Counter” Application

The “counter” application is only slightly more complex than the “hello world” application.

The class `WACounter` is a standalone application, so `WACounter` class must answer `true` to the `canBeRoot` message. It must also register itself as an application ; this is done in its class-side initialize method, as shown in la figure 14.8.

`WACounter` defines two methods, `increase` and `decrease`, which will be triggered from the `++` and `--` links on the web page. It also defines an instance variable `count` to record the state of the counter. However, we also want Seaside to synchronize the counter with the browser page : when the user clicks on the browser’s “back” button, we want seaside to “backtrack” the state of the `WACounter` object. Seaside includes a general mechanism for backtracking, but each application has to tell Seaside which parts of its state to track.

A component enables backtracking by implementing the `states` method on the instance side : states should answer an array containing all the objects to be tracked. In this case, the `WACounter` object adds itself to Seaside’s table of backtrackable objects by returning `Array` with: `self`.

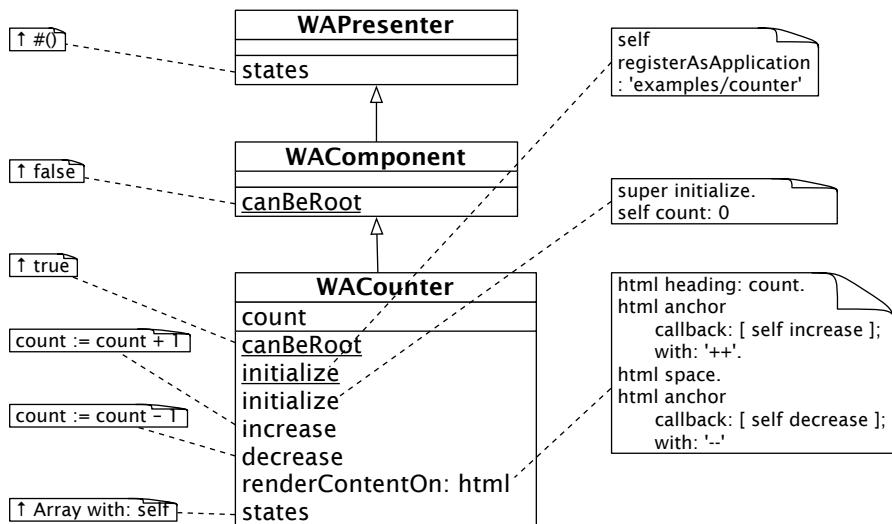


FIGURE 14.8 – The `WACounter` class, which implements the *counter* application. Methods with underlined names are on the class-side ; those with plain-text names are on the instance side.

Caveat. There is a subtle but important point to watch for when declaring objects for backtracking. Seaside tracks state by making a *copy* of all the objects declared in the `states` array. It does this using a `WASnapshot` object ; `WASnapshot` is a subclass of `IdentityDictionary` that records the objects to be tracked as keys and shallow copies of their state as values. If the state of an application is backtracked to a particular snapshot, the state of each object entered into the snapshot dictionary is overwritten by the copy saved in the snapshot.

Here is the point to watch out for : In the case of `WACounter`, you might think that the state to be tracked is a number—the value of the `count` instance variable. However, having the `states` method answer `Array with: count` won't work. This is because the object named by `count` is an integer, and integers are immutable. The `increase` and `decrease` methods don't change the state of the object 0 into 1 or the object 3 into 2. Instead, they make `count` name a different integer : every time the `count` is incremented or decremented, the object named by `count` is *replaced* by another. This is why `WACounter»states` must return `Array with: self`. When the state of a `WACounter` object is replaced by a previous state, the *value* of each of the instance variable in the object is replaced by a previous value ; this correctly replaces the current value of `count` by a prior value.

14.4 Rendering XHTML

The purpose of a web application is to create, or “render”, web pages. As we mentioned in la section 14.3, each Seaside component is responsible for rendering itself. So, lets start our exploration of rendering by seeing how the counter component renders itself.

Rendering the Counter

The rendering of the counter is relatively straightforward ; the code is shown in la figure 14.8. The current value of the counter is displayed as an XHTML heading, and the increment and decrement operations are implemented as html anchors (that is, links) with callbacks to blocks that will send increase and decrease to the counter object.

We will have a closer look at the rendering protocol in a moment. But before we do, let's have a quick look at the multi-counter.

From Counter to MultiCounter

WAMultiCounter, shown in la figure 14.9 is also a standalone application, so it overrides canBeRoot to answer true. In addition, it is a *composite* component, so Seaside requires it to declare its children by implementing a method children that answers an array of all the components it contains. It renders itself by rendering each of its subcomponents, separated by a horizontal rule. Aside from instance and class-side initialization methods, there is nothing else to the multi-counter !

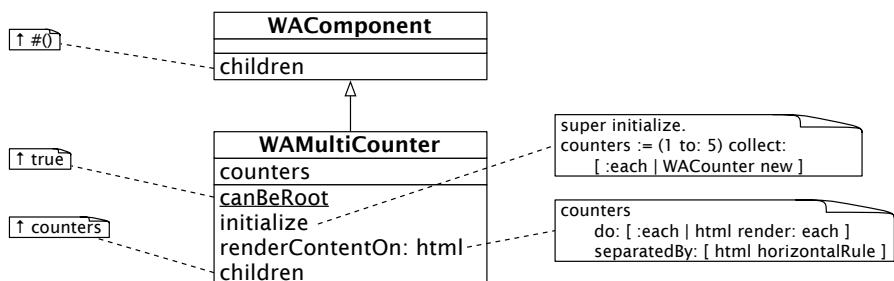


FIGURE 14.9 – WAMultiCounter

More about Rendering XHTML

As you can see from these examples, Seaside does not use templates to generate web pages. Instead it generates XHTML programmatically. The basic idea is that every Seaside component should override the method `renderContentOn:`; this message will be sent by the framework to each component that needs to be rendered. This `renderContentOn:` message will have argument that is an *html canvas* onto which the component should render itself. By convention, the html canvas parameter is called `html`. An html canvas is analogous to the graphics canvas used by Morphic (and most other drawing frameworks) to abstract away from the device-dependent details of drawing.

Here are some of the most basic rendering methods :

```
html text: 'hello world'. "render a plain text string"  
html html: '&ndash;'. "render an XHTML incantation"  
html render: 1. "render any object"
```

The message `render: anyObject` can be sent to an html canvas to render `anyObject`; it is normally used to render subcomponents. `anyObject` will itself be sent the message `renderContentOn:` this is what happens in the multi-counter (see la figure 14.9).

Using Brushes

A canvas provides a number of *brushes* that can be used to render (*c-à-d. “paint”*) content on the canvas. There are brushes for every kind of XHTML element—paragraphs, tables, lists, and so on. To see the full protocol of brushes and convenience methods, you should browse the class `WACanvas` and its subclasses. The argument to `renderContentOn:` is actually an instance of the subclass `WARenderCanvas`.

We have already seen the following brush used in the counter and multi-counter examples :

```
html horizontalRule.
```

In la figure 14.10 we can see the output of many of the basic brushes offered by Seaside.⁴ The root component `SeasideDemo` simply renders its subcomponents, which are instances of `SeasideHtmlDemo`, `SeasideFormDemo`, `SeasideEditCallDemo` and `SeasideDialogDemo`, as shown in méthode 14.1.

4. The source code for méthode 14.1 is in the package `PBE-SeasideDemo` in the project <http://www.squeaksource.com/PharoByExample>.

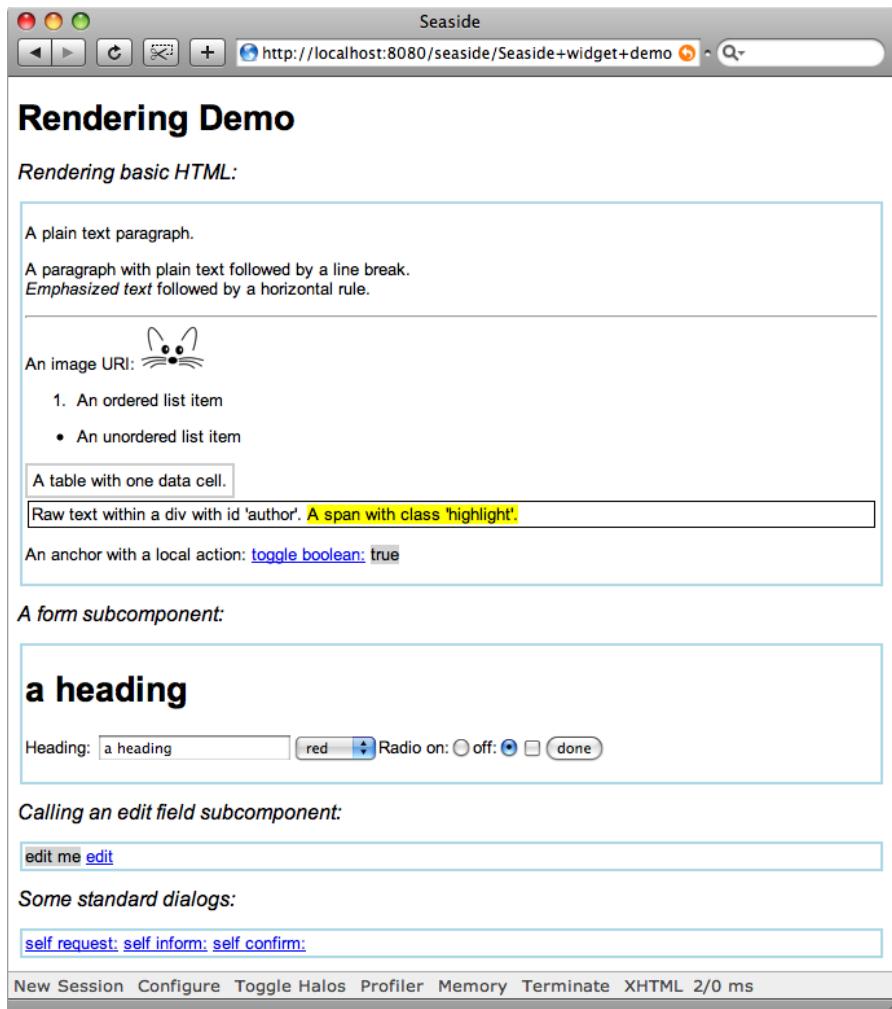


FIGURE 14.10 – RenderingDemo

Méthode 14.1 – SeasideDemo»renderContentOn:

```
SeasideDemo»renderContentOn: html
    html heading: 'Rendering Demo'.
    html heading
        level: 2;
        with: 'Rendering basic HTML:'.
    html div
        class: 'subcomponent';
        with: htmlDemo.
```

"render the remaining components ..."

Recall that a root component must always declare its children, or Seaside will refuse to render them.

```
SeasideDemo»children  
↑ { htmlDemo . formDemo . editDemo . dialogDemo }
```

Notice that there are two different ways of instantiating the heading brush. The first way is to set the text directly by sending the message `heading:`. The second way is instantiate the brush by sending `heading`, and then to send a cascade of messages to the brush to set its properties and render it. Many of the available brushes can be used in these two ways.

If you send a cascade of messages to a brush including the message `with:`, then `with:` should be the *final* message. `with:` both sets the content and renders the result.

In méthode 14.1, the first heading is at level 1, since this is the default. We explicitly set the level of the second heading to 2. The subcomponent is rendered as an XHTML `div` with the CSS class “subcomponent”. (More on CSS in la section 14.5.) Also note that the argument to the `with:` keyword message need not be a literal string : it can be another component, or even — as in the next example — a block containing further rendering actions.

The `SeasideHtmlDemo` component demonstrates many of the most basic brushes. Most of the code should be self-explanatory.

```
SeasideHtmlDemo»renderContentOn: html  
self renderParagraphsOn: html.  
self renderListsAndTablesOn: html.  
self renderDivsAndSpansOn: html.  
self renderLinkWithCallbackOn: html
```

It is common practice to break up long rendering methods into many helper methods, as we have done here.

Don't put all your rendering code into a single method. Split it into helper methods named using the pattern `render*On:`. All rendering methods go in the *rendering* protocol. Don't send `renderContentOn:` from your own code, use `render:` instead.

Look at the following code. The first helper method, `SeasideHtmlDemo»renderParagraphsOn:`, shows you how to generate XHTML paragraphs, plain

and emphasized text, and images. Note that in Seaside simple elements are rendered by specifying the text they contain directly, whereas complex elements are specified using blocks. This is a simple convention to help you structure your rendering code.

```
SeasideHtmlDemo»renderParagraphsOn: html
    html paragraph: 'A plain text paragraph.'.
    html paragraph: [
        html
            text: 'A paragraph with plain text followed by a line break. ';
            break;
            emphasis: 'Emphasized text ';
            text: 'followed by a horizontal rule.';
            horizontalRule;
            text: 'An image URI: '.
        html image
            url: self squeakImageUrl;
            width: '50']
```

The next helper method, `SeasideHtmlDemo»renderListsAndTablesOn:`, shows you how to generate lists and tables. A table uses two levels of blocks to display each of its rows and the cells within the rows.

```
SeasideHtmlDemo»renderListsAndTablesOn: html
    html orderedList: [
        html listItem: 'An ordered list item'].
    html unorderedList: [
        html listItem: 'An unordered list item'].
    html table: [
        html tableRow: [
            html tableData: 'A table with one data cell.']]
```

The next example shows how we can specify CSS *divs* and *spans* with *class* or *id* attributes. Of course, the messages `class:` and `id:` can also be sent to the other brushes, not just to *divs* and *spans*. The method `SeasideDemoWidget»style` defines how these XHTML elements should be displayed (see la section 14.5).

```
SeasideHtmlDemo»renderDivsAndSpansOn: html
    html div
        id: 'author';
        with: [
            html text: 'Raw text within a div with id "author". '.
            html span
                class: 'highlight';
                with: 'A span with class "highlight".']
```

Finally we see a simple example of a link, created by binding a simple callback to an “anchor” (*c-à-d. a link*). Clicking on the link will cause the

subsequent text to toggle between “true” and “false” by toggling the instance variable `toggleValue`.

```
SeasideHtmlDemo»renderLinkWithCallbackOn: html
    html paragraph: [
        html text: 'An anchor with a local action: '.
        html span with: [
            html anchor
                callback: [toggleValue := toggleValue not];
                with: 'toggle boolean:'].
        html space.
        html span
            class: 'boolean';
            with: toggleValue ]
```

Note that actions should appear only in callbacks. The code executed while rendering should not change the state of the application !

Forms

Forms are rendered just like the other examples that we have already seen. Here is the code for the `SeasideFormDemo` component in la figure 14.10.

```
SeasideFormDemo»renderContentOn: html
    | radioGroup |
    html heading: heading.
    html form: [
        html span: 'Heading: '.
        html textInput on: #heading of: self.
        html select
            list: self colors;
            on: #color of: self.
        radioGroup := html radioGroup.
        html text: 'Radio on:'.
        radioGroup radioButton
            selected: radioOn;
            callback: [radioOn := true].
        html text: 'off:'.
        radioGroup radioButton
            selected: radioOn not;
            callback: [radioOn := false].
        html checkbox on: #checked of: self.
        html submitButton
            text: 'done' ]
```

Since a form is a complex entity, it is rendered using a block. Note that all the state changes happen in the callbacks, not as part of the rendering.

There is one Seaside feature used here that is worth special mention, namely the message `on:of:`. In the example, this message is used to bind a text input field to the variable `heading`. Anchors and buttons also support this message. The first argument is the name of an instance variable for which accessors have been defined ; the second argument is the object to which this instance variable belongs. Both observer (`heading`) and mutator (`heading:`) accessor messages must be understood by the object, with the usual naming convention. In the case here of a text input field, this saves us the trouble of having to define a callback that updates the field as well as having to bind the default contents of the html input field to the current value of the instance variable. Using `on: #heading of: self`, the `heading` variable is updated automatically whenever the user updates the text input field.

The same message is used twice more in this example, to cause the selection of a colour on the html form to update the `color` variable, and to bind the result of the checkbox to the `checked` variable. Many other examples can be found in the functional tests for Seaside. Have a look at the category *Seaside-Tests-Functional*, or just point your browser to <http://localhost:8080/seaside/tests/alltests>. Select `WAInputTest` and click on the `Restart` button to see most of the features of forms.

Don't forget, if you `Toggle Halos`, you can browse the source code of the examples directly using the Seaside class browser.

14.5 CSS : Cascading style sheets

Cascading Style Sheets⁵, or CSS for short, have emerged as a standard way for web applications to separate style from content. Seaside relies on CSS to avoid cluttering your rendering code with layout considerations.

You can set the CSS style sheet for your web components by defining the method `style`, which should return a string containing the CSS rules for that component. The styles of all the components displayed on a web page are joined together, so each component can have its own style. A better approach can be to define an abstract class for your web application that defines a common style for all its subclasses.

Actually, for deployed applications, it is more common to define style sheets as external files. This way the look and feel of the component is completely separate from its functionality. (Have a look at `WAFfileLibrary`, which provides a way to serve static files without the need for a standalone server.)

If you already are familiar with CSS, then that's all you need to know.

5. <http://www.w3.org/Style/CSS/>

```
SeasideDemoWidget»style
↑
body {
    font: 10pt Arial, Helvetica, sans-serif, Times New Roman;
}
h2 {
    font-size: 12pt;
    font-weight: normal;
    font-style: italic;
}
table { border-collapse: collapse; }
td {
    border: 2px solid #CCCCCC;
    padding: 4px;
}
#author {
    border: 1px solid black;
    padding: 2px;
    margin: 2px;
}
.subcomponent {
    border: 2px solid lightblue;
    padding: 2px;
    margin: 2px;
}
.highlight { background-color: yellow; }
.boolean { background-color: lightgrey; }
.field { background-color: lightgrey; }
'
```

FIGURE 14.11 – SeasideDemoWidget common style sheet.

Otherwise, read on for a very brief introduction to CSS.

Instead of directly encoding display attributes in the paragraph and text elements of your web pages, with CSS you will define different classes of elements and place all display considerations in a separate style sheet. Paragraph-like entities are called *divs* and text-like entities are *spans*. You would then define symbolic names, like “highlight” (see example below) for text to be highlighted, and specify how highlighted text is to be displayed in your style sheet.

Basically a CSS style sheet consists of a set of rules that specify how to format given XHTML elements. Each rule consists of two parts. There is a *selector* that specifies which XHTML elements the rule applies to, and there is a *declaration* which sets a number of attributes for that element.

The figure 14.11 illustrates a simple style sheet for the rendering demo

shown earlier in la figure 14.10. The first rule specifies a preference for the fonts to use for the body of the web page. The next few rules specify properties of second-level headings (`h2`), tables (`table`), and table data (`td`).

The remaining rules have selectors that will match XHTML elements that have the given “class” or “id” attributes. CSS selectors for class attributes start with a “.” and those for id attributes with “#”. The main difference between class and id attributes is that many elements may have the same class, but only one element may have a given id (*c-à-d. an identifier*). So, whereas a class attribute, such as `highlight`, may occur multiple times on any page, an id must identify a *unique* element on the page, such as a particular menu, the modified date, or author. Note that a particular XHTML element may have multiple classes, in which case all the applicable display attributes will be applied in sequence.

Selector conditions may be combined, so the selector `div.subcomponent` will only match an XHTML element if it is both a `div` *and* it has a class attribute equal to “`subcomponent`”.

It is also possible to specify nested elements, though this is seldom necessary. For example, the selector “`p span`” will match a `span` within a `paragraph` but not within a `div`.

There are numerous books and web sites to help you learn CSS. For a dramatic demonstration of the power of CSS, we recommend you to have a look at the CSS Zen Garden⁶, which shows how the same content can be rendered in radically different ways simply by changing the CSS style sheet.

14.6 Managing control flow

Seaside makes it particularly easy to design web applications with non-trivial control flow. There are basically two mechanisms that you can use :

1. A component can *call* another component by sending `caller call: callee`. The caller is temporarily replaced by the callee, until the callee returns control by sending `answer:`. The caller is usually `self`, but could also be any other currently visible component.
2. A workflow can be defined as a *task*. This is a special kind of component that subclasses `WATask` (instead of `WAComponent`). Instead of defining `renderContentOn:`, it defines no content of its own, but rather defines a `go` method that sends a series of `call:` messages to activate various subcomponents in turn.

6. <http://www.csszengarden.com/>

Call and answer

Call and answer are used to realize simple dialogues.

There is a trivial example of call: and answer: in the rendering demo of la figure 14.10. The component SeasideEditCallDemo displays a text field and an *edit* link. The callback for the edit link calls a new instance of SeasideEditAnswerDemo initialized to the value of the text field. The callback also updates this text field to the result which is sent as an answer.

(We underline the call: and answer: sends to draw attention to them.)

```
SeasideEditCallDemo»renderContentOn: html
html span
    class: 'field';
    with: self text.
html space.
html anchor
    callback: [self text: (self call: (SeasideEditAnswerDemo new text: self text))];
    with: 'edit'
```

What is particularly elegant is that the code makes absolutely no reference to the new web page that must be created. At run-time, a new page is created in which the SeasideEditCallDemo component is replaced by a SeasideEditAnswerDemo component ; the parent component and the other peer components are untouched.

call: and answer: should never be used while rendering.
 They may safely be sent from within a callback, or from
 within the go method of a task.

The SeasideEditAnswerDemo component is also remarkably simple. It just renders a form with a text field. The submit button is bound to a callback that will answer the final value of the text field.

```
SeasideEditAnswerDemo»renderContentOn: html
html form: [
    html textInput
        on: #text of: self.
    html submitButton
        callback: [ self answer: self text ];
        text: 'ok'.
]
```

That's it.

Seaside takes care of the control flow and the correct rendering of all the components. Interestingly, the “back” button of the browser will also work

just fine (though side effects are not rolled back unless we take additional steps).

Convenience methods

Since certain call-answer dialogues are very common, Seaside provides some convenience methods to save you the trouble of writing components like `SeasideEditAnswerDemo`. The generated dialogues are shown in la figure 14.12. We can see these convenience methods being used within `SeasideDialogDemo»renderContentOn:`

The message `request:` performs a call to a component that will let you edit a text field. The component answers the edited string. An optional label and default value may also be specified.

```
SeasideDialogDemo»renderContentOn: html
    html anchor
        callback: [ self request: 'edit this' label: 'done' default: 'some text' ];
        with: 'self request:'.
    ...
...
```

The message `inform:` calls a component that simply displays the argument message and waits for the user to click “ok”. The called component just returns `self`.

```
...
html space.
html anchor
    callback: [ self inform: 'yes!' ];
```

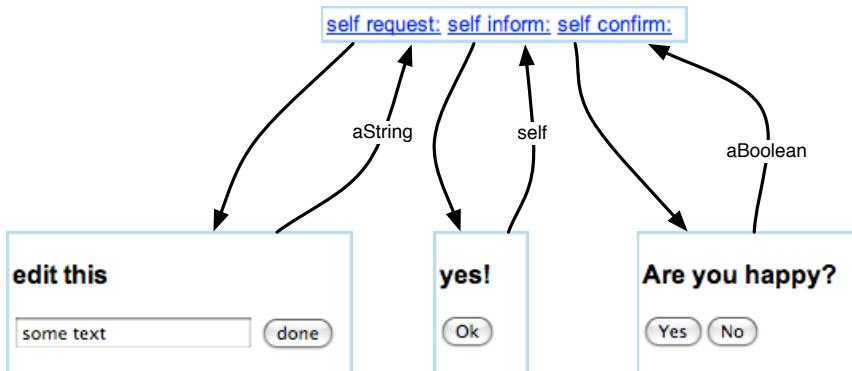


FIGURE 14.12 – Some standard dialogs

```
with: 'self inform:'.
```

The message `confirm:` asks a question and waits for the user to select either “Yes” or “No”. The component answers a boolean, which can be used to perform further actions.

```
...
html space.
html anchor
callback: [
    (self confirm: 'Are you happy?')
        ifTrue: [ self inform: ':-)' ]
        ifFalse: [ self inform: ':-(' ]
];
with: 'self confirm:'.
```

A few further convenience methods, such as `chooseFrom:caption:`, are defined in the *convenience* protocol of `WAComponent`.

Tasks

A task is a component that subclasses `WATask`. It does not render anything itself, but simply calls other components in a control flow defined by implementing the method `go`.

`WAConvenienceTest` is a simple example of a task defined in the category *Seaside-Tests-Functional*. To see its effect, just point your browser to `http://localhost:8080/seaside/tests/alltests`, select `WAConvenienceTest` and click `Restart`.

```
WAConvenienceTest»go
[ self chooseCheese.
  self confirmCheese ] whileFalse.
self informCheese
```

This task calls in turn three components. The first, generated by the convenience method `chooseFrom: caption:`, is a `WAChoiceDialog` that asks the user to choose a cheese.

```
WAConvenienceTest»chooseCheese
cheese := self
chooseFrom: #('Greyerzer' 'Tilsiter' 'Sbrinz')
caption: 'What''s your favorite Cheese?'.
cheese isNil ifTrue: [ self chooseCheese ]
```

The second is a `WAYesOrNoDialog` to confirm the choice (generated by the convenience method `confirm:).`

```
WAConvenienceTest»confirmCheese
↑self confirm: 'Is ', cheese, ' your favorite cheese?'
```

Finally a WAFormDialog is called (via the convenience method inform:).

```
WAConvenienceTest»informCheese
self inform: 'Your favorite cheese is ', cheese, ''
```

The generated dialogues are shown in la figure 14.13.

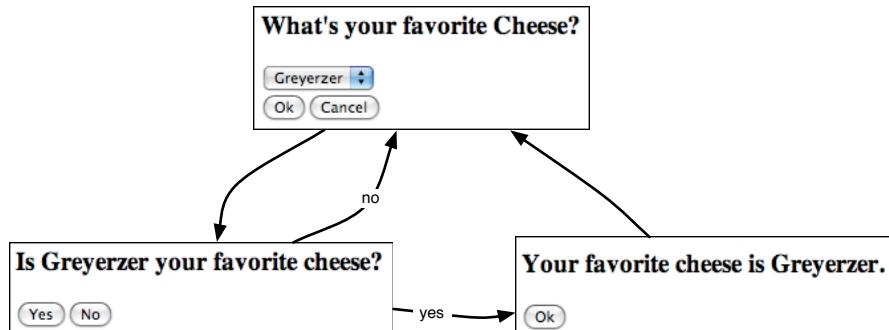


FIGURE 14.13 – A simple task

Transactions

We saw in la section 14.3 that Seaside can keep track of the correspondence between the state of components and individual web pages by having components register their state for backtracking : all that a component need do is implement the method states to answer an array of all the objects whose state must be tracked.

Sometimes, however, we do not want to backtrack state : instead we want to *prevent* the user from accidentally undoing effects that should be permanent. This is often referred to as “the shopping cart problem”. Once you have checked-out your shopping cart and paid for the items you have purchased, it should not be possible to go “back” with the browser and add more items to the shopping cart !

Seaside allows you to prevent this by defining a task within which certain actions are grouped together as *transactions*. You can backtrack within a transaction, but once a transaction is complete, you can no longer go back to it. The corresponding pages are *invalidated*, and any attempt to go back to them will cause Seaside to generate a warning and redirect the user to the most recent valid page.

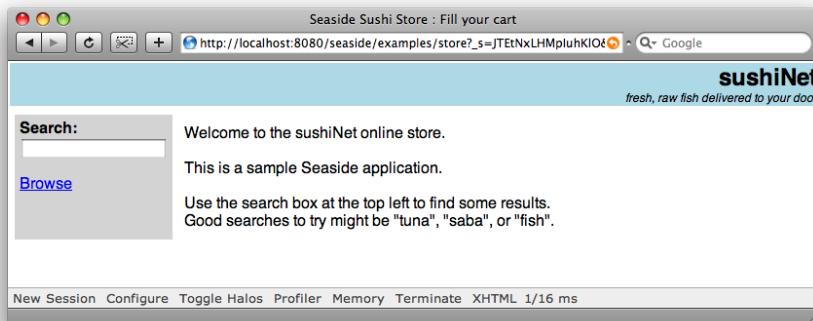


FIGURE 14.14 – The Sushi Store

The Seaside *Sushi Store* is sample application that illustrates many of the features of Seaside, including transactions. This application is bundled with your installation of Seaside, so you can try it out by pointing your browser at <http://localhost:8080/seaside/examples/store>.⁷

The sushi store supports the following workflow :

1. Visit the store.
2. Browse or search for sushi.
3. Add sushi to your shopping cart.
4. Checkout.
5. Verify your order.
6. Enter shipping address.
7. Verify shipping address.
8. Enter payment information.
9. Your fish is on its way !

If you toggle the halos, you will see that the top-level component of the sushi store is an instance of `WAStore`. It does nothing but render the title bar, and then it renders `task`, an instance of `WAStoreTask`.

```
WAStore->renderContentOn: html
  "... render the title bar ..."
  html div id: 'body'; with: task
```

`WAStoreTask` captures this workflow sequence. At a couple of points it is critical that the user not be able to go back and change the submitted information.

7. If you cannot find it in your image, there is a version of the sushi store available on SqueakSource from <http://www.squeaksource.com/SeasideExamples/>.

 “Purchase” some sushi and then use the “back” button to try to put more sushi into your cart. You will get the message “That page has expired.”

Seaside lets the programmer say that a certain part of a workflow act like a transaction : once the transaction is complete, the user cannot go back and undo it. You say this by sending isolate: to a task with the transactional block as its argument. We can see this in the sushi store workflow as follows :

```
WAStoreTask»go
| shipping billing creditCard |
cart := WAStoreCart new.
self isolate:
[[self fillCart.
self confirmContentsOfCart]
whileFalse].
self isolate:
[shipping := self getShippingAddress.
billing := (self useAsBillingAddress: shipping)
ifFalse: [self getBillingAddress]
ifTrue: [shipping].
creditCard := self getPaymentInfo.
self shipTo: shipping billTo: billing payWith: creditCard].
self displayConfirmation.
```

Here we see quite clearly that there are two transactions. The first fills the cart and closes the shopping phase. (The helper methods fillCart etc take care of instantiating and calling the right subcomponents.) Once you have confirmed the contents of the cart you cannot go back without starting a new session. The second transaction completes the shipping and payment data. You can navigate back and forth within the second transaction until you confirm payment. However, once both transactions are complete, any attempt to navigate back will fail.

Transactions may also be nested. A simple demonstration of this is found in the class `WANestedTransaction`. The first isolate: takes as argument a block that contains another, nested isolate:

```
WANestedTransaction»go
self inform: 'Before parent txn'.
self isolate:
[self inform: 'Inside parent txn'.
self isolate: [self inform: 'Inside child txn'].
self inform: 'Outside child txn'].
self inform: 'Outside parent txn'
```

 Go to <http://localhost:8080/seaside/tests/alltests>, select `WATransactionTest` and

click on **Restart**. Try to navigate back and forth within the parent and child transaction by clicking the **back** button and then clicking **ok**. Note that as soon as a transaction is complete, you can no longer go back inside the transaction without generating an error upon clicking **ok**.

14.7 A complete tutorial example

Let's see how we can build a complete Seaside application from scratch.⁸ We will build a RPN (Reverse Polish Notation) calculator as a Seaside application that uses a simple stack machine as its underlying model. Furthermore, the Seaside interface will let us toggle between two displays — one which just shows us the current value on top of the stack, and the other which shows us the complete state of the stack. The calculator with the two display options is shown in la figure 14.15.

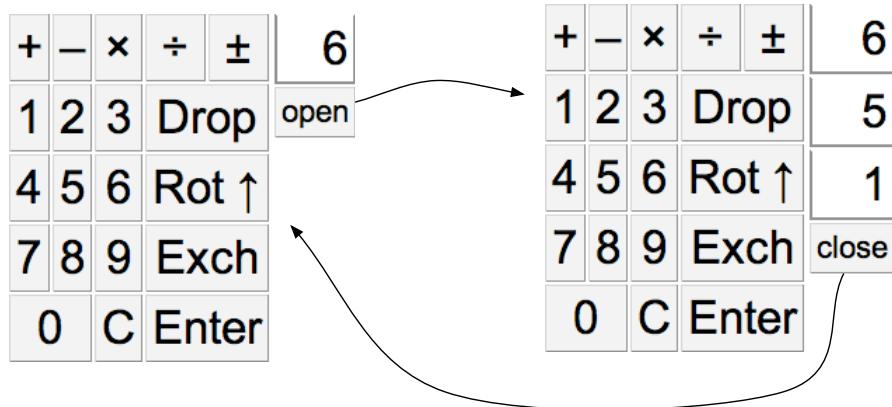


FIGURE 14.15 – RPN calculator and its stack machine

We begin by implementing the stack machine and its tests.

- Define a new class called `MyStackMachine` with an instance variable `contents` initialized to a new `OrderedCollection`.

```
MyStackMachine»initialize
super initialize.
contents := OrderedCollection new.
```

8. The exercise should take at most a couple of hours. If you prefer to just look at the completed source code, you can grab it from the SqueakSource project <http://www.squeaksource.com/PharoByExample>. The package to load is *PBE-SeasideRPN*. The tutorial that follows uses slightly different class names so that you can compare your implementation with ours.

The stack machine should provide operations to push: and pop values, view the top of the stack, and perform various arithmetic operations to add, subtract, multiply and divide the top values on the stack.

 Write some tests for the stack operations and then implement these operations. Here is a sample test :

```
MyStackMachineTest»testDiv
stack
push: 3;
push: 4;
div.
self assert: stack size = 1.
self assert: stack top = (4/3).
```

You might consider using some helper methods for the arithmetic operations to check that there are two numbers on the stack before doing anything, and raising an error if this precondition is not fulfilled.⁹ If you do this, most of your methods will just be one or two lines long.

You might also consider implementing MyStackMachine»printOn: to make it easier to debug your stack machine implementation with the help of an object inspector. (Hint : just delegate printing to the contents variable.)

 Complete the MyStackMachine by writing operations dup (push a duplicate of the top value onto the stack), exch (exchange the top two values), and rotUp (rotate the entire stack contents up—the top value will move to the bottom).

Now we have a simple stack machine implementation. We can start to implement the Seaside RPN Calculator.

We will make use of 5 classes :

- MyRPNWidget — this should be an abstract class that defines the common CSS style sheet for the application, and other common behavior for the components of the RPN calculator. It is a subclass of WAComponent and the direct superclass of the following four classes.
- MyCalculator — this is the root component. It should register the application (on the class side), it should instantiate and render its subcomponents, and it should register any state for backtracking.
- MyKeypad — this displays the keys that we use to interact with the calculator.
- MyDisplay — this component displays the top of the stack and provides a button to call another component to display the detailed view.
- MyDisplayStack — this component shows the detailed view of the stack and provides a button to answer back. It is a subclass of MyDisplay.

9. It's a good idea to use Object»assert: to specify the preconditions for an operation. This method will raise an AssertionFailure if the user tries to use the stack machine in an invalid state.

- ❶ Define MyRPNWidget in the category MyCalculator. Define the common style for the application.

Here is a minimal CSS for the application. You can make it more fancy if you like.

```
MyRPNWidget»style
↑ 'table.keypad { float: left; }
td.key {
    border: 1px solid grey;
    background: lightgrey;
    padding: 4px;
    text-align: center;
}
table.stack { float: left; }
td.stackcell {
    border: 2px solid white;
    border-left-color: grey;
    border-right-color: grey;
    border-bottom-color: grey;
    padding: 4px;
    text-align: right;
}
td.small { font-size: 8pt; }'
```

- ❷ Define MyCalculator to be a root component and register itself as an application (c-à-d. implement `canBeRoot` and initialize on the class side). Implement `MyCalculator»renderContentOn:` to render something trivial (such as its name), and verify that the application runs in a browser.

MyCalculator is responsible for instantiating MyStackMachine, MyKeypad and MyDisplay.

- ❸ Define MyKeypad and MyDisplay as subclasses of MyRPNWidget. All three components will need access to a common instance of the stack machine, so define the instance variable `stackMachine` and an initialization method `setMyStackMachine:` in the common parent, MyRPNWidget. Add instance variables `keypad` and `display` to MyCalculator and initialize them in `MyCalculator»initialize`. (Don't forget to send `super initialize!`!)

- ❹ Pass the shared instance of the stack machine to the keypad and the display in the same initialize method. Implement `MyCalculator»renderContentOn:` to simply render in turn the keypad and the display. To correctly display the subcomponents, you must implement `MyCalculator»children` to return an array with the keypad and the display. Implement placeholder rendering methods for the keypad and the display and verify that the calculator now displays its two subcomponents.

Now we will change the implementation of the display to show the top value of the stack.

-  Use a table with class “keypad” containing a row with a single table data cell with class “stackcell”. Change the rendering method of the keypad to ensure that the number 0 is pushed on the stack in case it is empty. (Define and use MyKeypad »ensureMyStackMachineNotEmpty.) Also make it display an empty table with class “keypad”. Now the calculator should display a single cell containing the value 0. If you toggle the halos, you should see something like this :

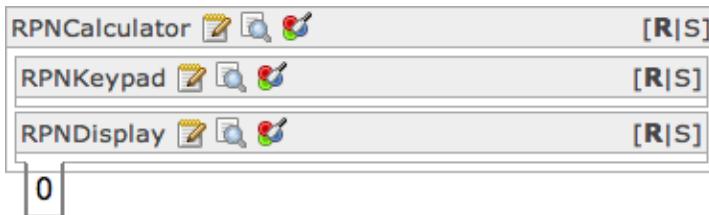


FIGURE 14.16 – Displaying the top of the stack

Now let's implement an interface to interact with the stack.

-  First define the following helper methods, which will make it easier to script the interface :

```
MyKeypad»renderStackButton: text callback: aBlock colSpan: anInteger on: html
html tableData
  class: 'key';
  colSpan: anInteger;
  with:
    [html anchor
      callback: aBlock;
      with: [html html: text]]
```

```
MyKeypad»renderStackButton: text callback: aBlock on: html
self
  renderStackButton: text
  callback: aBlock
  colSpan: 1
  on: html
```

We will use these two methods to define the buttons on the keypad with appropriate callbacks. Certain buttons may span multiple columns, but the default is to occupy just one column.

 Use the two helper methods to script the keypad as follows : (Hint : start by getting the digit and "Enter" keys working, then the arithmetic operators.)

```
MyKeypad»renderContentOn: html
self ensureStackMachineNotEmpty.
html table
class: 'keypad';
with: [
html TableRow: [
self renderStackButton: '+' callback: [self stackOp: #add] on: html.
self renderStackButton: '-' callback: [self stackOp: #min] on: html.
self renderStackButton: '*' callback: [self stackOp: #mul] on: html.
self renderStackButton: '/' callback: [self stackOp: #div] on: html.
self renderStackButton: '+' callback: [self stackOp: #neg] on: html].
html TableRow: [
self renderStackButton: '1' callback: [self type: '1'] on: html.
self renderStackButton: '2' callback: [self type: '2'] on: html.
self renderStackButton: '3' callback: [self type: '3'] on: html.
self renderStackButton: 'Drop' callback: [self stackOp: #pop]
colSpan: 2 on: html].
" and so on ... "
html TableRow: [
self renderStackButton: '0' callback: [self type: '0'] colSpan: 2 on: html.
self renderStackButton: 'C' callback: [self stackClearTop] on: html.
self renderStackButton: 'Enter'
callback: [self stackOp: #dup. self setClearMode]
colSpan: 2 on: html]]
```

Check that the keypad displays properly. If you try to click on the keys, however, you will find that the calculator does not work yet ...

 Implement MyKeypad»type: to update the top of the stack by appending the typed digit. You will need to convert the top value to a string, update it, and convert it back to an integer, something like this :

```
MyKeypad»type: aString
stackMachine push: (stackMachine pop asString, aString) asNumber.
```

Now when you click on the digit keys the display should be updated. (Be sure that MyStackMachine»pop returns the value popped, or this will not work !)

 Now we must implement MyKeypad»stackOp: Something like this will do the trick :

```
MyKeypad»stackOp: op
[ stackMachine perform: op ] on: AssertionFailure do: [ ].
```

The point is that we are not sure that all operations will succeed, for example, addition will fail if we do not have two numbers on the stack. For the moment we can just ignore such errors. If we are feeling more ambitious later on, we can provide some user feedback in the error handler block.

 *The first version of the calculator should be working now. Try to enter some numbers by pressing the digit keys, hitting Enter to push a copy of the current value, and entering + to sum the top two values.*

You will notice that typing digits does not behave the way you might expect. Actually the calculator should be aware of whether you are typing a new number, or appending to an existing number.

 *Adapt MyKeypad»type: to behave differently depending on the current typing mode. Introduce an instance variable mode which takes on one of the three values typing (when you are typing), push (after you have performed a calculator operation and typing should force the top value to be pushed), or clear (after you have performed Enter and the top value should be cleared before typing). The new type: method might look like this :*

```
MyKeypad»type: aString
  self inPushMode ifTrue: [
    stackMachine push: stackMachine top.
    self stackClearTop].
  self inClearMode ifTrue: [ self stackClearTop].
  stackMachine push: (stackMachine pop asString, aString) asNumber.
```

Typing might work better now, but it is still frustrating not to be able to see what is on the stack.

 *Define MyDisplayStack as a subclass of MyDisplay. Add a button to the rendering method of MyDisplay which will call a new instance of MyDisplayStack. You will need an html anchor that looks something like this :*

```
html anchor
  callback: [ self call: (MyDisplayStack new setMyStackMachine: stackMachine)];
  with: 'open'
```

The callback will cause the current instance of MyDisplay to be temporarily replaced by a new instance of MyDisplayStack whose job it is to display the complete stack. When this component signals that it is done (*c-à-d.* by sending `self answer`), then control will return to the original instance of MyDisplay.

 *Define the rendering method of MyDisplayStack to display all of the values on the stack. (You will either need to define an accessor for the stack machine's contents or you can define MyStackMachine»do: to iterate over the stack values.) The stack*

display should also have a button labelled “close” whose callback will simply perform self answer.

```
html anchor
  callback: [ self answer];
  with: 'close'
```

Now you should be able to *open* and *close* the stack while you are using the calculator.

There is, however, one thing we have forgotten. Try to perform some operations on the stack. Now use the “back” button of your browser and try to perform some more stack operations. (For example, open the stack, type 1, Enter twice and +. The stack should display “2” and “1”. Now hit the “back” button. The stack now shows three times “1” again. Now if you type + the stack shows “3”. Backtracking is not yet working.)

 Implement MyCalculator»states to return the contents of the stack machine. Check that backtracking now works correctly !

Sit back and enjoy a tall glass of something cool !

14.8 A quick look at AJAX

AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) is a technique to make web applications more interactive by exploiting JavaScript functionality on the client side.

Two well-known JavaScript libraries are Prototype (<http://www.prototypejs.org>) and script.aculo.us (<http://script.aculo.us>). Prototype provides a framework to ease writing JavaScript. script.aculo.us provides some additional features to support animations and drag-and-drop on top of Prototype. Both frameworks are supported in Seaside through the package “Scriptaculous”.

All ready-made images have the Scriptaculous package extensions already loaded. The latest version is available from <http://www.squeaksource.com/Seaside>. An online demo is available at <http://scriptaculous.seasidehosting.st>. Alternatively, if you have a enabled image running, simply go to <http://localhost:8080/seaside/tests/scriptaculous>.

The Scriptaculous extensions follow the same approach as Seaside itself—simply configure Smalltalk objects to model your application, and the needed Javascript code will be generated for you.

Let us look at a simple example of how client-side Javascript support can make our RPN calculator behave more naturally. Currently every keystroke to enter a digit generates a request to refresh the page. We would like instead

to handle editing of the display on the client-side by updating the display in the existing page.

 To address the display from JavaScript code we must first give it a unique id. Update the calculator's rendering method as follows :¹⁰

```
MyCalculator»renderContentOn: html
    html div id: 'keypad'; with: keypad.
    html div id: 'display'; with: display.
```

 To be able to re-render the display when a keyboard button is pressed, the keyboard needs to know the display component. Add a display instance variable to MyKeypad, an initialize method MyKeypad»setDisplay:, and call this from MyCalculator >>initialize. Now we are able to assign some JavaScript code to the buttons by updating MyKeypad»renderStackButton:callback:colSpan:on: as follows :

```
MyKeypad»renderStackButton: text callback: aBlock colSpan: anInteger on: html
    html tableData
        class: 'key';
        colSpan: anInteger;
        with: [
            html anchor
                callback: aBlock;
                onClick: "handle Javascript event"
                    (html updater
                        id: 'display';
                        callback: [ :r |
                            aBlock value.
                            r render: display ];
                        return: false);
                with: [ html html: text ]]
```

onClick: specifies a JavaScript event handler. html updater returns an instance of SUUpdater, a Smalltalk object representing the JavaScript Ajax.Updater object (<http://www.prototypejs.org/api/ajax/updater>). This object performs an AJAX request and updates a container's contents based on the response text. id: tells the updater what XHTML DOM element to update, in this case the contents of the div element with the id 'display'. callback: specifies a block that is triggered when the user presses the button. The block argument is a new renderer r, which we can use to render the display component. (Note : Even though html is still accessible, it is not valid anymore at the time this callback block is evaluated). Before rendering the display component we evaluate aBlock to perform the desired action.

10. If you have not implemented the tutorial example yourself, you can simply load the complete example (PBE-SeasideRPN) from <http://www.squeaksource.com/PharoByExample> and apply the suggested changes to the classes RPN+ instead of My+.

`return: false` tells the JavaScript engine to not trigger the original link callback, which would cause a full refresh. We could instead remove the original anchor callback; but like this the calculator will still work even if JavaScript is disabled.

- ⌚ Try the calculator again, and notice how a full page refresh is triggered every time you press a digit key. (The URL of the web page is updated at each keystroke.)

Although we have implemented the client-side behavior, we have not yet activated it. Now we will enable the Javascript event handling.

- ⌚ Click on the Configure link in the toolbar of the calculator. Select “Add Library :” SULibrary, click the **Add** button and **Close**.

Instead of manually adding the library, you may also do it programmatically when you register the application :

```
MyCalculator class>>initialize
  (self registerAsApplication: 'rpn')
    addLibrary: SULibrary}}
```

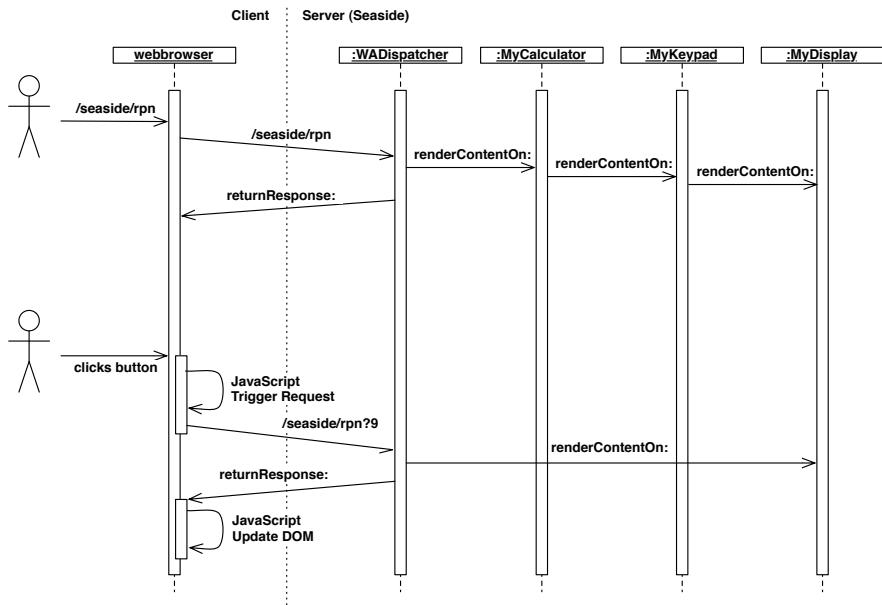


FIGURE 14.17 – Seaside AJAX processing (simplified)

- ⌚ Try the revised application. Note that the feedback is much more natural. In particular, a new URL is not generated with each keystroke.

You may well ask, *yes, but how does this work?* la figure 14.17 shows how the RPN applications would both without and with AJAX. Basically AJAX short-circuits the rendering to *only* update the display component. Javascript is responsible both for triggering the request and updating the corresponding DOM element. Have a look at the generated source-code, especially the JavaScript code :

```
new Ajax.Updater(
  'display',
  'http://localhost/seaside/RPN+Calculator',
  {'evalScripts': true,
   'parameters': ['_s=zcdqfonqwbeYzkza', '_k=jMORHtqr','9'].join('&'));
return false
```

For more advanced examples, have a further look at <http://localhost:8080/seaside/tests/scriptaculous>.

Hints. In case of server side problems use the Smalltalk debugger. In case of client side problems use FireFox (<http://www.mozilla.com>) with the JavaScript debugger FireBug (<http://www.getfirebug.com/>) plugin enabled.

14.9 Chapter summary

- The easiest way to get started is to download the “Seaside One-Click Experience” from <http://seaside.st>
- Turn the server on and off by evaluating WAKom startOn: 8080 and WAKom stop.
- Reset the administrator login and password by evaluating WADispatcherEditor initialize.
- Toggle Halos to directly view application source code, run-time objects, CSS and XHTML.
- Send WAGlobalConfiguration setDeploymentMode to hide the toolbar.
- Seaside web applications are composed of components, each of which is an instance of a subclass of WACOMPONENT.
- Only a root component may be registered as a component. It should implement canBeRoot on the class side. Alternatively it may register itself as an application in its class-side initialize method by sending self registerAsApplication: *application path*. If you override description it is possible to return a descriptive application name that will be displayed in the configuration editor.
- To backtrack state, a component must implement the states method to answer an array of objects whose state will be restored if the user clicks the browser’s “back” button.

- A component renders itself by implementing `renderContentOn:`. The argument to this method is an XHTML rendering *canvas* (usually called *html*).
 - A component can render a subcomponent by sending `self render: subcomponent`.
 - XHTML is generated programmatically by sending messages to *brushes*. A brush is obtained by sending a message, such as `paragraph` or `div`, to the `html` canvas.
 - If you send a cascade of messages to a brush that includes the message `with:`, then `with:` should be the last message sent. Thw `with:` message sets the contents *and* renders the result.
 - Actions should appear only in callbacks. You should not change the state of the application while you are rendering it.
 - You can bind various form widgets and anchors to instance variables with accessors by sending the message `on: instance variable of: object` to the brush.
 - You can define the CSS for a component hierarchy by defining the method `style`, which should return a string containing the style sheet. (For deployed applications, it is more usual to refer to a style sheet located at a static URL.)
 - Control flows can be programmed by sending `x call: y`, in which case component `x` will be replaced by `y` until `y` answers by sending `answer:` with a result in a callback. The receiver of `call:` is usually `self`, but may in general be any visible component.
 - A control flow can also be specified as a *task* — a instance of a subclass of `WATask`. It should implement the method `go`, which should call: a series of components in a workflow.
 - Use `WAComponents`'s convenience methods `request:`, `inform:`, `confirm:` and `chooseFromCaption:` for basic interactions.
 - To prevent the user from using the browser's "back" button to access a previous execution state of the web application, you can declare portions of the workflow to be a *transaction* by enclosing them in an `isolate:` block.

Chapitre 15

Les expressions régulières dans Pharo

A CORRIGER! MARTIAL: CHAPITRE CHERCHE TRADUCTEUR

Regular expressions are widely used in many scripting languages such as Perl, Python and Ruby. They are useful to identify strings that match a certain pattern, to check that input conforms to an expected format, and to rewrite strings to new formats. Pharo also supports regular expressions due to the *Regex* package contributed by Vassili Bykov. Regex is installed by default in Pharo. If you are using an older image that does not include Regex the Regex package, you can install it yourself from SqueakSource¹.

A regular expression² is a template that matches a set of strings. For example, the regular expression 'h.*o' will match the the strings 'ho', 'hiho' and 'hello', but it will not match 'hi' or 'yo'. We can see this in Pharo as follows :

'ho' matchesRegex: 'h.*o'	→	true
'hiho' matchesRegex: 'h.*o'	→	true
'hello' matchesRegex: 'h.*o'	→	true
'hi' matchesRegex: 'h.*o'	→	false
'yo' matchesRegex: 'h.*o'	→	false

In this chapter we will start with a small tutorial example in which we will develop a couple of classes to generate a very simple site map for a web site. We will use regular expressions (i) to identify HTML files, (ii) to strip the full path name of a file down to just the file name, (iii) to extract the title of each web page for the site map, and (iv) to generate a relative path from the root directory of the web site to the HTML files it contains. After we complete the tutorial example, we will provide a more complete description of the Regex

1. <http://www.squeaksource.com/Regex.html>
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Regular_expression

package, based largely on Vassili Bykov's documentation provided in the package.³

15.1 Tutorial example—generating a site map

Our job is to write a simple application that will generate a site map for a web site that we have stored locally on our hard drive. The site map will contain links to each of the HTML files in the web site, using the title of the document as the text of the link. Furthermore, links will be indented to reflect the directory structure of the web site.

Accessing the web directory

 If you do not have a web site on your machine, copy a few HTML files to a local directory to serve as a test bed.

We will develop two classes, `WebDir` and `WebPage`, to represent directories and web pages. The idea is to create an instance of `WebDir` which will point to the root directory containing our web site. When we send it the message `makeToc`, it will walk through the files and directories inside it to build up the site map. It will then create a new file, called `toc.html`, containing links to all the pages in the web site.

One thing we will have to watch out for : each `WebDir` and `WebPage` must remember the path to the root of the web site, so it can properly generate links relative to the root.

 Define the class `WebDir` with instance variables `webDir` and `homePath`, and define the appropriate initialization method. Also define class-side methods to prompt the user for the location of the web site on your computer, as follows :

```
WebDir>>setDir: dir home: path
  webDir := dir.
  homePath := path

WebDir class>>onDir: dir
  ↑ self new setDir: dir home: dir pathName

WebDir class>>selectHome
  ↑ self onDir: fileList modalFolderSelector
```

The last method opens a browser to select the directory to open. Now, if you inspect the result of `WebDir selectHome`, you will be prompted for the

3. The original documentation can be found on the class side of `RxParser`.

directory containing your web pages, and you will be able to verify that `webDir` and `homePath` are properly initialized to the directory holding your web site and the full path name of this directory.

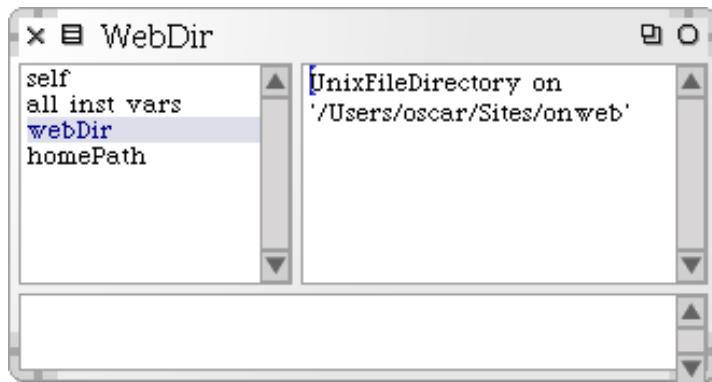


FIGURE 15.1 – A WebDir instance

It would be nice to be able to programmatically instantiate a `WebDir`, so let's add another creation method.

Add the following methods and try it out by inspecting the result of `WebDir onPath: 'path to your web site'`.

```
WebDir class>>onPath: homePath
↑ self onPath: homePath home: homePath

WebDir class>>onPath: path home: homePath
↑ self new setDir: (FileDirectory on: path) home: homePath
```

Pattern matching HTML files

So far so good. Now we would like to use regexes to find out which HTML files this web site contains.

If we browse the `FileDirectory` class, we find that the method `fileNames` will list all the files in a directory. We want to select just those with the file extension `.html`. The regex that we need is `'.*\.\html'`. The first dot will match any character except a newline :

```
'.' matchesRegex: '.' → true
'' matchesRegex: '' → true
Character cr asString matchesRegex: '' → false
```

The `*` (known as the “Kleene star”, after Stephen Kleene, who invented it) is a regex operator that will match the preceding regex any number of times (including zero).

```
" matchesRegex: 'x*'      →  true
'x' matchesRegex: 'x*'    →  true
'xx' matchesRegex: 'x*'   →  true
'y' matchesRegex: 'x*'   →  false
```

Since the dot is a special character in regexes, if we want to literally match a dot, then we must escape it.

```
'. matchesRegex: '.'     →  true
'x' matchesRegex: '.'    →  true
'.' matchesRegex: '.'    →  true
'x' matchesRegex: '\.'  →  false
```

Now let's check our regex to find HTML files works as expected.

```
'index.html' matchesRegex: '.*\..html' →  true
'foo.html' matchesRegex: '.*\.\.html' →  true
'style.css' matchesRegex: '.*\.\.html' →  false
'index.htm' matchesRegex: '.*\.\.html' →  false
```

Looks good. Now let's try it out in our application.

 Add the following method to WebDir and try it out on your test web site.

```
WebDir>>htmlFiles
↑ webDir fileNames select: [ :each | each matchesRegex: '.*\.\.html' ]
```

If you send `htmlFiles` to a `WebDir` instance and `print it`, you should see something like this :

```
(WebDir onPath: '...') htmlFiles →  #('index.html' ...)
```

Caching the regex

Now, if you browse `matchesRegex:`, you will discover that it is an extension method of `String` that creates a fresh instance of `RxParser` every time it is sent. That is fine for ad hoc queries, but if we are applying the same regex to every file in a web site, it is smarter to create just one instance of `RxParser` and reuse it. Let's do that.

 Add a new instance variable `htmlRegex` to `WebDir` and initialize it by sending `asRegex` to our regex string. Modify `WebDir>>htmlFiles` to use the same regex each time as follows :

```
WebDir>>initialize
  htmlRegex := '*.html' asRegex

WebDir>>htmlFiles
  ↑ webDir fileNames select: [ :each | htmlRegex matches: each ]
```

Now listing the HTML files should work just as it did before, except that we reuse the same regex object many times.

Accessing web pages

Accessing the details of individual web pages should be the responsibility of a separate class, so let's define it, and let the `WebDir` class create the instances.

❸ Define a class `WebPage` with instance variables `path`, to identify the HTML file, and `homePath`, to identify the root directory of the web site. (We will need this to correctly generate links from the root of the web site to the files it contains.) Define an initialization method on the instance side and a creation method on the class side.

```
WebPage>>initializePath: filePath homePath: dirPath
  path := filePath.
  homePath := dirPath

WebPage class>>on: filePath forHome: homePath
  ↑ self new initializePath: filePath homePath: homePath
```

A `WebDir` instance should be able to return a list of all the web pages it contains. ❹ Add the following method to `WebDir`, and inspect the return value to verify that it works correctly.

```
WebDir>>webPages
  ↑ self htmlFiles collect:
    [ :each | WebPage
      on: webDir pathName, '/', each
      forHome: homePath ]
```

You should see something like this :

```
(WebDir onPath: '...') webPages   —→   an Array(a WebPage a WebPage ...)
```

String substitutions

That's not very informative, so let's use a regex to get the actual file name for each web page. To do this, we want to strip away all the characters from

the path name up to the last directory. On a Unix file system directories end with a slash (/), so we need to delete everything up to the last slash in the file path.

The String extension method `copyWithRegex:matchesReplacedWith:` does what we want :

```
'hello' copyWithRegex: '[elo]+' matchesReplacedWith: 'i' → 'hi'
```

In this example the regex [elo] matches any of the characters e, l or o. The operator + is like the Kleene star, but it matches exactly *one* or more instances of the regex preceding it. Here it will match the entire substring 'ello' and replay it in a fresh string with the letter i.

 Add the following method and verify that it works as expected.

```
WebPage>>fileName
↑ path copyWithRegex: '.*' matchesReplacedWith: "
```

Now you should see something like this on your test web site :

```
(WebDir onPath: '...') webPages collect: [:each | each fileName ]
→ #('index.html' ...)
```

Extracting regex matches

Our next task is to extract the title of each HTML page.

First we need a way to get at the contents of each page. This is straightforward.

 Add the following method and try it out.

`oldFileOrNoneNamed:`

```
WebPage>>contents
↑ (FileStream oldFileOrNoneNamed: path) contents
```

Actually, you might have problems if your web pages contain non-ascii characters, in which case you might be better off with the following code :

`Latin1TextConverter`

```
WebPage>>contents
↑ (FileStream oldFileOrNoneNamed: path)
converter: Latin1TextConverter new;
contents
```

You should now be able to see something like this :

```
(WebDir onPath: '...') webPages first contents → '<head>
<title>Home Page</title>
...
'
```

Now let's extract the title. In this case we are looking for the text that occurs *between* the HTML tags `<title>` and `</title>`.

What we need is a way to extract *part* of the match of a regular expression. Subexpressions of regexes are delimited by parentheses. Consider the regex `([^aeiou]+)([aeiou]+)`. It consists of two subexpressions, the first of which will match a sequence of one or more non-vowels, and the second of which will match one or more vowels. (The operator `^` at the start of a bracketed set of characters negates the set.⁴) Now we will try to match a *prefix* of the string 'pharo' and extract the submatches :

```
re := '([^aeiou]+)([aeiou]+)' asRegex.
re matchesPrefix: 'pharo' → true
re subexpression: 1 → 'pha'
re subexpression: 2 → 'ph'
re subexpression: 3 → 'a'
```

After successfully matching a regex against a string, you can always send it the message `subexpression: 1` to extract the entire match. You can also send `subexpression: n` where $n - 1$ is the number of subexpressions in the regex. The regex above has two subexpressions, numbered 2 and 3.

We will use the same trick to extract the title from an HTML file.

Define the following method :

```
WebResponse>>title
| re |
re := '[\w\W]*<title>(.*)</title>' asRegexIgnoringCase.
↑ (re matchesPrefix: self contents)
ifTrue: [ re subexpression: 2 ]
ifFalse: [ ('', self fileName, '-- untitled') ]
```

There are a couple of subtle points to notice here. First, HTML does not care whether tags are upper or lower case, so we must make our regex case insensitive by instantiating it with `asRegexIgnoringCase`.

Second, since dot matches any character *except a newline*, the regex `.*<title>(.*)</title>` will not work as expected if multiple lines appear before the title. The regex `\w` matches any alphanumeric, and `\W` will match any

4. NB : In Pharo the caret is also the return keyword, which we write as `↑`. To avoid confusion, we will write `^` when we are using the caret within regular expressions to negate sets of characters, but you should not forget, they are actually the same thing.

non-alphanumeric, so `[wW]` will match any character *including newlines*. (If we expect titles to possibly contain newlines, we should play the same trick with the subexpression.)

Now we can test our title extractor, and we should see something like this :

```
(WebDir onPath: '...') webPages first title → 'Home page'
```

More string substitutions

In order to generate our site map, we need to generate links to the individual web pages. We can use the document title as the name of the link. We just need to generate the right path to the web page from the root of the web site. Luckily this is trivial—it is simple the full path to the web page minus the full path to the root directory of the web site.

We must only watch out for one thing. Since the `homePath` variable does not end in a `/`, we must append one, so that relative path does not include a leading `/`. Notice the difference between the following two results :

```
'/home/testweb/index.html' copyWithRegex: '/home/testweb' matchesReplacedWith: "
    → '/index.html'
'/home/testweb/index.html' copyWithRegex: '/home/testweb/' matchesReplacedWith: "
    → 'index.html'
```

The first result would give us an absolute path, which is probably not what we want.

 Define the following methods :

```
WebPage>>relativePath
↑ path
    copyWithRegex: homePath , '/'
    matchesReplacedWith: ""

WebPage>>link
↑ '<a href="", self relativePath, ">', self title, '</a>'
```

You should now be able to see something like this :

```
(WebDir onPath: '...') webPages first link → '<a href="index.html">Home Page</a>'
```

Generating the site map

Actually, we are now done with the regular expressions we need to generate the site map. We just need a few more methods to complete the applica-

tion.

 If you want to see the site map generation, just add the following methods.

If our web site has subdirectories, we need a way to access them :

```
WebDir>>webDirs
  ↑ webDir directoryNames
    collect: [ :each | WebDir onPath: webDir pathName , '/' , each home: homePath ]
```

We need to generate HTML bullet lists containing links for each web page of a web directory. Subdirectories should be indented in their own bullet list.

```
WebDir>>printTocOn: aStream
  self htmlFiles
  ifNotEmpty: [
    aStream nextPutAll: '<ul>'; cr.
    self webPages
      do: [:each | aStream nextPutAll: '<li>';
        nextPutAll: each link;
        nextPutAll: '</li>'; cr].
    self webDirs
      do: [:each | each printTocOn: aStream].
    aStream nextPutAll: '</ul>'; cr]
```

We create a file called “toc.html” in the root web directory and dump the site map there.

```
WebDir>>tocFileName
  ↑ 'toc.html'

WebDir>>makeToc
  | tocStream |
  tocStream := webDir newFileNamed: self tocFileName.
  self printTocOn: tocStream.
  tocStream close.
```

Now we can generate a table of contents for an arbitrary web directory !

```
WebDir selectHome makeToc
```

15.2 Regex syntax

We will now have a closer look at the syntax of regular expressions as supported by the Regex package.

The simplest regular expression is a single character. It matches exactly that character. A sequence of characters matches a string with exactly the same sequence of characters :

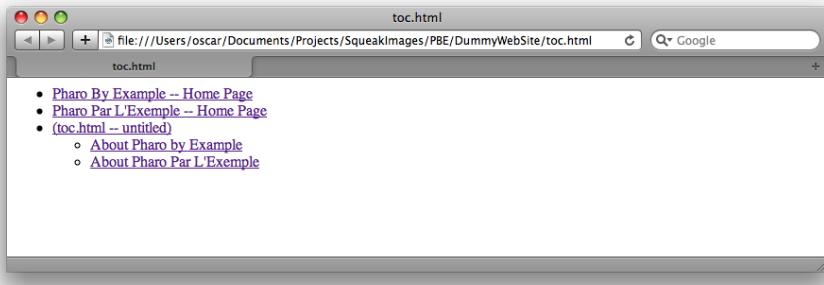


FIGURE 15.2 – A small site map

```
'a' matchesRegex: 'a'      → true
'foobar' matchesRegex: 'foobar' → true
'blorple' matchesRegex: 'foobar' → false
```

Operators are applied to regular expressions to produce more complex regular expressions. Sequencing (placing expressions one after another) as an operator is, in a certain sense, “invisible”—yet it is arguably the most common.

We have already seen the Kleene star ($*$) and the $+$ operator. A regular expression followed by an asterisk matches any number (including 0) of matches of the original expression. For example :

```
'ab' matchesRegex: 'a*b'      → true
'aaaaab' matchesRegex: 'a*b'   → true
'b' matchesRegex: 'a*b'       → true
'aac' matchesRegex: 'a*b'     → false "b does not match"
```

The Kleene star has higher precedence than sequencing. A star applies to the shortest possible subexpression that precedes it. For example, ab^* means a followed by zero or more occurrences of b, not “zero or more occurrences of ab” :

```
'abbb' matchesRegex: 'ab*'    → true
'abab' matchesRegex: 'ab*'    → false
```

To obtain a regex that matches “zero or more occurrences of ab”, we must enclose ab in parentheses :

```
'abab' matchesRegex: '(ab)*' → true
'abcab' matchesRegex: '(ab)*' → false "c spoils the fun"
```

Two other useful operators similar to * are + and ?. + matches one or more instances of the regex it modifies, and ? will match zero or one instances.

'ac' matchesRegex: 'ab*c'	→	true
'ac' matchesRegex: 'ab+c'	→	false "need at least one b"
'abbc' matchesRegex: 'ab+c'	→	true
'abbc' matchesRegex: 'ab?c'	→	false "too many b's"

As we have seen, the characters *, +, ?, (, and) have special meaning within regular expressions. If we need to match any of them literally, it should be escaped by preceding it with a backslash \. Thus, backslash is also a special character, and needs to be escaped for a literal match. The same holds for all further special characters we will see.

'ab*' matchesRegex: 'ab*'	→	false "star in the right string is special"
'ab*' matchesRegex: 'ab*''	→	true
'a\c' matchesRegex: 'a\\c'	→	true

The last operator is |, which expresses choice between two subexpressions. It matches a string if either of the two subexpressions matches the string. It has the lowest precedence—even lower than sequencing. For example, ab*|ba* means 'a followed by any number of b's, or b followed by any number of a's' :

'abb' matchesRegex: 'ab* ba*'	→	true
'baa' matchesRegex: 'ab* ba*'	→	true
'baab' matchesRegex: 'ab* ba*'	→	false

A bit more complex example is the expression c(a|d)+r, which matches the name of any of the Lisp-style car, cdr, caar, cadr, ... functions :

'car' matchesRegex: 'c(a d)+r'	→	true
'cdr' matchesRegex: 'c(a d)+r'	→	true
'cadr' matchesRegex: 'c(a d)+r'	→	true

It is possible to write an expression that matches an empty string, for example the expression a| matches an empty string. However, it is an error to apply *, +, or ? to such an expression : (a|)* is invalid.

So far, we have used only characters as the *smallest* components of regular expressions. There are other, more interesting, components. A character set is a string of characters enclosed in square brackets. It matches any single character if it appears between the brackets. For example, [01] matches either 0 or 1 :

'0' matchesRegex: '[01]'	→	true
'3' matchesRegex: '[01]'	→	false
'11' matchesRegex: '[01]'	→	false "a set matches only one character"

Using plus operator, we can build the following binary number recognizer :

```
'10010100' matchesRegex: '[01]+' → true
'10001210' matchesRegex: '[01]+' → false
```

If the first character after the opening bracket is ^, the set is inverted : it matches any single character *not* appearing between the brackets :

```
'0' matchesRegex: '[^01]' → false
'3' matchesRegex: '[^01]' → true
```

For convenience, a set may include ranges : pairs of characters separated by a hyphen (-). This is equivalent to listing all characters in between : '[0-9]' is the same as '[0123456789]'. Special characters within a set are ^, -, and], which closes the set. Below are examples how to literally match them in a set :

```
'' matchesRegex: '[01^]' → true "put the caret anywhere except the start"
'-' matchesRegex: '[01-]' → true "put the hyphen at the end"
']' matchesRegex: '[]01]' → true "put the closing bracket at the start"
```

Thus, empty and universal sets cannot be specified.

Character classes

Regular expressions can also include the following backquote escapes to refer to popular classes of characters : \w to match alphanumeric characters, \d to match digits, and \s to match whitespace. Their upper-case variants, \W, \D and \S, match the complementary characters (non-alphanumeric, non-digits and non-whitespace). We can see a summary of the syntax seen so far in table 15.1.

As mentioned in the introduction, regular expressions are especially useful for validating user input, and character classes turn out to be especially useful for defining such regexes. For example, non-negative numbers can be matched with the regex \d+ :

```
'42' matchesRegex: '\d+' → true
'-1' matchesRegex: '\d+' → false
```

Better yet, we might want to specify that non-zero numbers should not start with the digit 0 :

```
'0' matchesRegex: '0|([1-9]\d*)' → true
'1' matchesRegex: '0|([1-9]\d*)' → true
'42' matchesRegex: '0|([1-9]\d*)' → true
'099' matchesRegex: '0|([1-9]\d*)' → false "leading 0"
```

Syntax	What it represents
a	literal match of character a
.	match any char (except newline)
(...)	group subexpression
\	escape following special character
*	Kleene star — match previous regex zero or more times
+	match previous regex one or more times
?	match previous regex zero times or once
	match choice of left and right regex
[abcd]	match choice of characters abcd
[^ abcd]	match negated choice of characters
[0-9]	match range of characters 0 to 9
\w	match alphanumeric
\W	match non-alphanumeric
\d	match digit
\D	match non-digit
\s	match space
\S	match non-space

TABLE 15.1 – Regex Syntax in a Nutshell

We can check for negative and positive numbers as well :

'0'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))'	→	true
'-1'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))'	→	true
'42'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))'	→	true
'+99'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))'	→	true
'-0'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))'	→	false "negative zero"
'01'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))'	→	false "leading zero"

Floating point numbers should require at least one digit after the dot :

'0'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))(.\d+)?'	→	true
'0.9'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))(.\d+)?'	→	true
'3.14'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))(.\d+)?'	→	true
'-42'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))(.\d+)?'	→	true
'2.'	matchesRegex: '(0 ((\+ \-)?[1-9]\d*))(.\d+)?'	→	false "need digits after ."

For dessert, here is a recognizer for a general number format : anything like 999, or 999.999, or -999.999e+21.

'-999.999e+21'	matchesRegex: '(\+ \-)?\d+(\.\d*)?((e E)(\+ \-)?\d+)?'	→	true
----------------	--	---	------

Character classes can also include the grep(1)-compatible elements listed in la table 15.2.

Syntax	What it represents
[:alnum:]	any alphanumeric
[:alpha:]	any alphabetic character
[:cntrl:]	any control character (ascii code is < 32)
[:digit:]	any decimal digit
[:graph:]	any graphical character (ascii code >= 32)
[:lower:]	any lowercase character
[:print:]	any printable character (here, the same as [:graph:])
[:punct:]	any punctuation character
[:space:]	any whitespace character
[:upper:]	any uppercase character
[:xdigit:]	any hexadecimal character

TABLE 15.2 – Regex character classes

Note that these elements are components of the character classes, *c-à-d*. they have to be enclosed in an extra set of square brackets to form a valid regular expression. For example, a non-empty string of digits would be represented as [[:digit:]]+. The above primitive expressions and operators are common to many implementations of regular expressions.

```
'42' matchesRegex: '[[:digit:]]+' → true
```

Special character classes

The next primitive expression is unique to this Smalltalk implementation. A sequence of characters between colons is treated as a unary selector which is supposed to be understood by characters. A character matches such an expression if it answers true to a message with that selector. This allows a more readable and efficient way of specifying character classes. For example, [0-9] is equivalent to :isDigit:, but the latter is more efficient. Analogously to character sets, character classes can be negated :^isDigit: matches a character that answers false to isDigit, and is therefore equivalent to [^0-9].

So far we have seen the following equivalent ways to write a regular expression that matches a non-empty string of digits : [0-9]+, \d+, [\d]+, [[:digit:]]+, :isDigit:+.

```
'42' matchesRegex: '[0-9]+' → true
'42' matchesRegex: '\d+' → true
'42' matchesRegex: '[\d]+' → true
'42' matchesRegex: '[[:digit:]]+' → true
'42' matchesRegex: ':isDigit:+' → true
```

Matching boundaries

The last group of special primitive expressions is shown in la table 15.3, and is used to match boundaries of strings.

Syntax	What it represents
^	match an empty string at the beginning of a line
\$	match an empty string at the end of a line
\b	match an empty string at a word boundary
\B	match an empty string not at a word boundary
\<	match an empty string at the beginning of a word
\>	match an empty string at the end of a word

TABLE 15.3 – Primitives to match string boundaries

```
'hello world' matchesRegex: '.*\bw.*'    → true   "word boundary before w"
'hello world' matchesRegex: '.*\bo.*'     → false  "no boundary before o"
```

15.3 Regex API

Up to now we have focussed mainly on the syntax of regexes. Now we will have a closer look at the different messages understood by strings and regexes.

Matching prefixes and ignoring case

So far most of our examples have used the String extension method matchesRegex::.

Strings also understand the following messages : prefixMatchesRegex:, matchesRegexIgnoringCase: and prefixMatchesRegexIgnoringCase:.

The message prefixMatchesRegex: is just like matchesRegex, except that the whole receiver is not expected to match the regular expression passed as the argument ; matching just a prefix of it is enough.

```
'abacus' matchesRegex: '(a|b)+'
```

```
'abacus' prefixMatchesRegex: '(a|b)+'
```

```
'ABBA' matchesRegexIgnoringCase: '(a|b)+'
```

```
'Abacus' matchesRegexIgnoringCase: '(a|b)+'
```

```
'Abacus' prefixMatchesRegexIgnoringCase: '(a|b)+'
```

Enumeration interface

Some applications need to access *all* matches of a certain regular expression within a string. The matches are accessible using a protocol modeled after the familiar Collection-like enumeration protocol.

`regex:matchesDo:` evaluates a one-argument aBlock for every match of the regular expression within the receiver string.

```
list := OrderedCollection new.  
'Jack meet Jill' regex: '\w+' matchesDo: [:word | list add: word].  
list → an OrderedCollection('Jack' 'meet' 'Jill')
```

`regex:matchesCollect:` evaluates a one-argument aBlock for every match of the regular expression within the receiver string. It then collects the results and answers them as a SequenceableCollection.

```
'Jack meet Jill' regex: '\w+' matchesCollect: [:word | word size] →  
an OrderedCollection(4 4 4)
```

`allRegexMatches:` returns a collection of all matches (substrings of the receiver string) of the regular expression.

```
'Jack and Jill went up the hill' allRegexMatches: '\w+' →  
an OrderedCollection('Jack' 'and' 'Jill' 'went' 'up' 'the' 'hill')
```

Replacement and translation

It is possible to replace all matches of a regular expression with a certain string using the message `copyWithRegex:matchesReplacedWith:..`

```
'Krazy hates Ignatz' copyWithRegex: '<[:lower:]>' matchesReplacedWith: 'loves'  
→ 'Krazy loves Ignatz'
```

A more general substitution is match translation. This message evaluates a block passing it each match of the regular expression in the receiver string and answers a copy of the receiver with the block results spliced into it in place of the respective matches.

```
'Krazy loves Ignatz' copyWithRegex: 'b[a-z]+b' matchesTranslatedUsing: [:each | each  
asUppercase] → 'Krazy LOVES Ignatz'
```

All messages of enumeration and replacement protocols perform a case-sensitive match. Case-insensitive versions are not provided as part of a String protocol. Instead, they are accessible using the lower-level matching interface presented in the following question.

Lower-level interface

When you send the message `matchesRegex:` to a string, the following happens :

1. A fresh instance of `RxParser` is created, and the regular expression string is passed to it, yielding the expression's syntax tree.
2. The syntax tree is passed as an initialization parameter to an instance of `RxMatcher`. The instance sets up some data structure that will work as a recognizer for the regular expression described by the tree.
3. The original string is passed to the matcher, and the matcher checks for a match.

The Matcher

If you repeatedly match a number of strings against the same regular expression using one of the messages defined in `String`, the regular expression string is parsed and a new matcher is created for every match. You can avoid this overhead by building a matcher for the regular expression, and then reusing the matcher over and over again. You can, for example, create a matcher at a class or instance initialization stage, and store it in a variable for future use. You can create a matcher using one of the following methods :

- You can send `asRegex` or `asRegexIgnoringCase` to the string.
- You can directly invoke the `RxMatcher` constructor methods `forString:` or `forString:ignoreCase:` (which is what the convenience methods above will do).

Here we send `matchesIn:` to collect all the matches found in a string :

```
octal := '8r[0-9A-F]+' asRegex.
octal matchesIn: '8r52 = 16r2A'    →  an OrderedCollection('8r52')

hex := '16r[0-9A-F]+' asRegexIgnoringCase.
hex matchesIn: '8r52 = 16r2A'    →  an OrderedCollection('16r2A')

hex := RxMatcher forString: '16r[0-9A-Fa-f]+' ignoreCase: true.
hex matchesIn: '8r52 = 16r2A'    →  an OrderedCollection('16r2A')
```

Matching

A matcher understands these messages (all of them return `true` to indicate successful match or search, and `false` otherwise) :

`matches:` – `true` if the whole argument string (`aString`) matches.

```
'\w+' asRegex matches: 'Krazy' → true
```

`matchesPrefix:` – true if some prefix of the argument string (not necessarily the whole string) matches.

```
'\w+' asRegex matchesPrefix: 'Ignatz hates Krazy' → true
```

`search: aString` – Search the string for the first occurrence of a matching substring. (Note that the first two methods only try matching from the very beginning of the string). Using the above example with a matcher for `a+`, this method would answer success given a string 'baaa', while the previous two would fail.

```
'\b[a-z]+\b' asRegex search: 'Ignatz hates Krazy' → true "finds 'hates'"
```

The matcher also stores the outcome of the last match attempt and can report it : `lastResult` answers a Boolean : the outcome of the most recent match attempt. If no matches were attempted, the answer is unspecified.

```
number := '\d+' asRegex.  
number search: 'Ignatz throws 5 bricks'.  
number lastResult → true
```

`matchesStream:`, `matchesStreamPrefix:` and `searchStream:` are analogous to the above three messages, but takes streams as their argument.

```
ignatz := ReadStream on: 'Ignatz throws bricks at Krazy'.  
names := '<[A-Z][a-z]+>' asRegex.  
names matchesStreamPrefix: ignatz → true
```

Subexpression matches

After a successful match attempt, you can query which part of the original string has matched which part of the regex. A subexpression is a parenthesized part of a regular expression, or the whole expression. When a regular expression is compiled, its subexpressions are assigned indices starting from 1, depth-first, left-to-right.

For example, the regex `((\d+)\s*(\w+))` has four subexpressions, including itself.

- | | | |
|----|------------------------------|-----------------------------------|
| 1: | <code>((\d+)\s*(\w+))</code> | "the complete expression" |
| 2: | <code>(\d+)\s*(\w+)</code> | "top parenthesized subexpression" |
| 3: | <code>\d+</code> | "first leaf subexpression" |
| 4: | <code>\w+</code> | "second leaf subexpression" |

The highest valid index is equal to 1 plus the number of matching parentheses. (So, 1 is always a valid index, even if there are no parenthesized subexpressions.)

After a successful match, the matcher can report what part of the original string matched what subexpression. It understands these messages :

`subexpressionCount` answers the total number of subexpressions : the highest value that can be used as a subexpression index with this matcher. This value is available immediately after initialization and never changes.

`subexpression`: takes a valid index as its argument, and may be sent only after a successful match attempt. The method answers a substring of the original string the corresponding subexpression has matched to.

`subBeginning`: and `subEnd`: answer the positions within the argument string or stream where the given subexpression match has started and ended, respectively.

```
items := '(\d+)\s*(\w+)' asRegex.
items search: 'Ignatz throws 1 brick at Krazy'.
items subexpressionCount   → 4
items subexpression: 1    → '1 brick'  "complete expression"
items subexpression: 2    → '1 brick'  "top subexpression"
items subexpression: 3    → '1'        "first leaf subexpression"
items subexpression: 4    → 'brick'    "second leaf subexpression"
items subBeginning: 3     → 14
items subEnd: 3           → 15
items subBeginning: 4     → 16
items subEnd: 4           → 21
```

As a more elaborate example, the following piece of code uses a MMM DD, YYYY date format recognizer to convert a date to a three-element array with year, month, and day strings :

```
date := '(Jan|Feb|Mar|Apr|May|Jun|Jul|Aug|Sep|Oct|Nov|Dec)\s+(\d\d?)\s*,\s*\d\d'
       asRegex.
result := (date matches: 'Aug 6, 1996')
ifTrue: [{(date subexpression: 4) .
          (date subexpression: 2) .
          (date subexpression: 3)}]
ifFalse: ['no match'].
result → #('96' 'Aug' '6')
```

Enumeration and Replacement

The String enumeration and replacement protocols that we saw earlier in this section are actually implemented by the matcher. RxMatcher implements the following methods for iterating over matches within

strings : matchesIn:, matchesIn:do:, matchesIn:collect:, copy:replacingMatchesWith: and copy:translatingMatchesUsing::

```

seuss := 'The cat in the hat is back'.
aWords := '\<([\^\waeiou][\w])+\>' asRegex.   "match words with 'a' in them"
aWords matchesIn: seuss
    → an OrderedCollection('cat' 'hat' 'back')
aWords matchesIn: seuss collect: [:each | each asUppercase ]
    → an OrderedCollection('CAT' 'HAT' 'BACK')
aWords copy: seuss replacingMatchesWith: 'grinch'
    → 'The grinch in the grinch is grinch'
aWords copy: seuss translatingMatchesUsing: [:each | each asUppercase ]
    → 'The CAT in the HAT is BACK'
```

There are also the following methods for iterating over matches within streams : matchesOnStream:, matchesOnStream:do:, matchesOnStream:collect:, copyStream:to:replacingMatchesWith: and copyStream:to:translatingMatchesUsing::

```

in := ReadStream on: '12 drummers, 11 pipers, 10 lords, 9 ladies, etc.'.
out := WriteStream on: ''.
numMatch := '\<\d+\>' asRegex.
numMatch
copyStream: in
to: out
translatingMatchesUsing: [:each | each asNumber asFloat asString ].
out close; contents   → '12.0 drummers, 11.0 pipers, 10.0 lords, 9.0 ladies, etc.'
```

Error Handling

Several exceptions may be raised by RxParser when building regexes. The exceptions have the common parent RegexError. You may use the usual Smalltalk exception handling mechanism to catch and handle them.

- RegexSyntaxError is raised if a syntax error is detected while parsing a regex
- RegexCompilationError is raised if an error is detected while building a matcher
- RegexMatchingError is raised if an error occurs while matching (for example, if a bad selector was specified using ':<selector>' syntax, or because of the matcher's internal error)

```

['+' asRegex] on: RegexError do: [:ex | ex printString ]
    → 'RegexSyntaxError: nullable closure'
```

15.4 Implementation Notes by Vassili Bykov

What to look at first. In 90% of the cases, the method `String»matchesRegex:` is all you need to access the package.

`RxParser` accepts a string or a stream of characters with a regular expression, and produces a syntax tree corresponding to the expression. The tree is made of instances of `Rxs*` classes.

`RxMatcher` accepts a syntax tree of a regular expression built by the parser and compiles it into a matcher : a structure made of instances of `Rxm*` classes. The `RxMatcher` instance can test whether a string or a positionable stream of characters matches the original regular expression, or it can search a string or a stream for substrings matching the expression. After a match is found, the matcher can report a specific string that matched the whole expression, or any parenthesized subexpression of it. All other classes support the same functionality and are used by `RxParser`, `RxMatcher`, or both.

Caveats The matcher is similar in spirit, but *not* in design to Henry Spencer's original regular expression implementation in C. The focus is on simplicity, not on efficiency. I didn't optimize or profile anything. The matcher passes H. Spencer's test suite (see "test suite" protocol), with quite a few extra tests added, so chances are good there are not too many bugs. But watch out anyway.

Acknowledgments Since the first release of the matcher, thanks to the input from several fellow Smalltalkers, I became convinced a native Smalltalk regular expression matcher was worth the effort to keep it alive. For the advice and encouragement that made this release possible, I want to thank : Felix Hack, Eliot Miranda, Robb Shecter, David N. Smith, Francis Wolinski and anyone whom I haven't yet met or heard from, but who agrees this has not been a complete waste of time.

15.5 Chapter Summary

Regular expressions are an essential tool for manipulating strings in a trivial way. This chapter presented the Regex package for Pharo. The essential points of this chapter are :

- For simple matching, just send `matchesRegex:` to a string
- When performance matters, send `asRegex` to the string representing the regex, and reuse the resulting matcher for multiple matches
- Subexpression of a matching regex may be easily retrieved to an arbitrary depth

- A matching regex can also replace or translate subexpressions in a new copy of the string matched
- An enumeration interface is provided to access all matches of a certain regular expression
- Regexes work with streams as well as with strings.

Sixième partie

Plus de détails

Chapitre 16

Les exceptions

À CORRIGER! MARTIAL: CHAPITRE CHERCHE TRADUCTEUR

All applications have to deal with exceptional situations. Arithmetic errors may occur (such as division by zero), unexpected situations may arise (file not found), or resources may be exhausted (network down, disk full, etc). The old-fashioned solution is to have operations that fail return a special *error code*; this means that client code must check the return value of each operation, and take special action to handle errors.

Modern programming languages, including Smalltalk, instead offer a dedicated exception-handling mechanism that greatly simplifies the way in which exceptional situations are signaled and handled. Before the development of the ANSI Smalltalk standard in 1996, several exception handling mechanisms existed, largely incompatible each other. Pharo's exception handling follows the ANSI standard, with some embellishments; we present it in this chapter from a user perspective.

The basic idea behind exception handling is that client code does not clutter the main logic flow with checks for error codes, but specifies instead an *exception handler* to “catch” exceptions. When something goes wrong, instead of returning an error code, the method that detects the exceptional situation interrupts the main flow of execution by *signaling* an exception. This does two things: it captures essential information about the context in which the exception occurred, and transfers control to the exception handler, written by the client, which decides what to do about it. The “essential information about the context” is saved in an *Exception* object; various classes of *Exception* are specified to cover the varied exceptional situations that may arise.

Pharo's exception-handling mechanism is particularly expressive and flexible, covering a wide range of possibilities. Exception handlers can be used to *ensure* that certain actions take place even if something goes wrong, or to take action only if something goes wrong. Like everything in Small-

talk, exceptions are objects, and respond to a variety of messages. When an exception is caught by a handler, there are many possible responses : the handler can specify an alternative action to perform ; it can ask the exception object to *resume* the interrupted operation ; it can *retry* the operation ; it can *pass* the exception to another handler ; or it can *reraise* a completely different exception.

With the help of a series of examples, we shall explore all of these possibilities, and we shall also take a brief look into the internal mechanics of exceptions and exception handlers. However, before we do that, we need to stop and think for a moment about the consequence of adding exceptions into a language : *we can no longer be sure that a message send will give us an answer*. In other words, once we have exceptions, any message send has the potential not to return to the sender : it may fail.

16.1 Ensuring execution

The `ensure:` message can be sent to a block to make sure that, even if the block fails (*par ex.*, raises an exception) the argument block will still be executed :

```
anyBlock ensure: ensuredBlock    "ensuredBlock will run even if anyBlock fails"
```

Consider the following example, which creates an image file from a screenshot taken by the user :

```
| writer |
writer := GIFWriter on: (FileStream newFileNamed: 'Pharo.gif').
[ writer nextPutImage: (Form fromUser) ]
    ensure: [ writer close ]
```

This code ensures that the `writer` file handle will be closed, even if an error occurs in `Form fromUser` or while writing to the file.

Here is how it works in more detail. The `nextPutImage:` method of the class `GIFWriter` converts a form (*c-à-d.* an instance of the class `Form`, representing a bitmap image) into a GIF image. This method writes into a stream which has been opened on a file. The `nextPutImage:` method does not close the stream it is writing to, therefore we should be sure to close the stream even if a problem arises while writing. This is achieved by sending the message `ensure:` to the block that does the writing. In case `nextPutImage:` fails, control will flow into the block passed to `ensure:`. If it does *not* fail, the ensured block will still be executed. So, in either case, we can be sure that `writer` is closed.

Here is another use of `ensure:`, in class `Cursor` :

```

Cursor»showWhile: aBlock
  "While evaluating the argument, aBlock,
  make the receiver be the cursor shape."
  | oldcursor |
  oldcursor := Sensor currentCursor.
  self show.
  ↑aBlock ensure: [ oldcursor show ]

```

The argument [oldcursor show] is evaluated whether or not aBlock signals an exception. Note that the result of ensure: is the value of the receiver, not that of the argument.

```
[ 1 ] ensure: [ 0 ] —→ 1 "not 0"
```

16.2 Handling non-local returns

The message ifCurtailed: is typically used for “cleaning” actions. It is similar to ensure:, but instead of ensuring that its argument block is evaluated even if the receiver terminates abnormally, ifCurtailed: does so *only* if the receiver fails or returns.

In the following example, the receiver of ifCurtailed: performs an early return, so the following statement is never reached. In Smalltalk, this is referred to as a *non-local return*. Nevertheless the argument block will be executed.

```
[↑ 10] ifCurtailed: [Transcript show: 'We see this'].
Transcript show: 'But not this'.
```

In the following example, we can see clearly that the argument to ifCurtailed: is evaluated only when the receiver terminates abnormally. Error

```
[Error signal] ifCurtailed: [Transcript show: 'Abandoned'; cr].
Transcript show: 'Proceeded'; cr.
```

 Open a transcript and evaluate the code above in a workspace. When the pre-debugger windows opens, first try selecting Proceed and then Abandon. Note that the argument to ifCurtailed: is evaluated only when the receiver terminates abnormally. What happens when you select Debug?

Here are some examples of ifCurtailed: usage : the text of the Transcript show: describes the situation :

```
[↑ 10] ifCurtailed: [Transcript show: 'This is displayed'; cr]
```

```
[10] ifCurtailed: [Transcript show: 'This is not displayed'; cr]
```

```
[1 / 0] ifCurtailed: [Transcript show: 'This is displayed after selecting Abandon in the debugger'; cr]
```

Although `ifCurtailed:` and `ensure:` are implemented as primitives in Pharo, in principle `ifCurtailed:` could be implemented using `ensure:` as follows :

```
ifCurtailed: curtailBlock
| result curtailed |
curtailed := true.
[ result := self value.
curtailed := false
] ensure: [ curtailed ifTrue: [ curtailBlock value ] ].  
↑ result
```

In a similar fashion, `ensure:` could be implemented using `ifCurtailed:` as follows :

```
ensure: ensureBlock
| result |
result := self ifCurtailed: ensureBlock.
"If we reach this point, then the receiver has not been curtailed,  
so ensureBlock still needs to be evaluated"
ensureBlock value.  
↑ result
```

Both `ensure:` and `ifCurtailed:` are very useful for making sure that important “cleanup” code is executed, but are not by themselves sufficient for handling all exceptional situations. Now let’s look at a more general mechanism for handling exceptions.

16.3 Exception handlers

The general mechanism is provided by the message `on:do:`. It looks like this :

```
aBlock on: exceptionClass do: handlerAction
```

aBlock is the code that detects an abnormal situation and signals an exception ; it is called the *protected block*. *handlerAction* is the block that is evaluated if an exception is signaled ; it is called the *exception handler*. *exceptionClass* defines the class of exceptions that *handlerAction* will be asked to handle.

The beauty of this mechanism lies in the fact that the protected block can be written in a straightforward way, *without regard to any possible errors*. A

single exception handler is responsible for taking care of anything that may go wrong.

Consider the following example, where we want to copy the contents of one file to another. Although several file-related things could go wrong, with exception handling we simply write a straight-line method, and define a single exception handler for the whole transaction : FileStream FileStreamException FileDirectory

```
source := 'log.txt'.
destination := 'log-backup.txt'.
[ fromStream := FileDirectory default oldFileNamed: source.
  [ toStream := FileDirectory default newFileNamed: destination.
    [ toStream nextPutAll: fromStream contents ]
    ensure: [ toStream close ] ]
  ensure: [ fromStream close ] ]
on: FileStreamException
do: [ :ex | UIManager default inform: 'Copy failed -- ', ex description ].
```

If any exception concerning FileStreams is raised, the handler block (the block after `do:`) is executed with the exception object as its argument. Our handler code alerts the user that the copy has failed, and delegates to the exception object `ex` the task of providing details about the error. Note the two nested uses of `ensure:` to make sure that the two file streams are closed, whether or not an exception occurs.

It is important to understand that the block that is the receiver of the message `on:do:` defines the scope of the exception handler. This handler will be used only if the receiver (*c-à-d.* the protected block) has not completed. Once completed, the exception handler will not be used. Moreover, a handler is associated exclusively with the kind of exception specified as the first argument to `on:do:`. Thus, in the previous example, only a `FileStreamException` (or a more specific variant thereof) can be handled.

16.4 Error codes — don't do this !

Without exceptions, one (bad) way to handle a method that may fail to produce an expected result is to introduce explicit error codes as possible return values. In fact, in languages like C, code is littered with checks for such error codes, which often obscure the main application logic. Error codes are also fragile in the face of evolution : if new error codes are added, then all clients must be adapted to take the new codes into account. By using exceptions instead of error codes, the programmer is freed from the task of explicitly checking each return value, and the program logic stays uncluttered. Moreover, because exceptions are classes, as new exceptional situations are discovered, they can be subclassed ; old clients will still work, although they

may provide less-specific exception handling than newer clients.

If Smalltalk did provide exception-handling support, then the tiny example we saw in the previous section would be written something like this, using error codes :

```
"Pseudo-code -- luckily Smalltalk does not work like this. Without the
benefit of exception handling we must check error codes for each operation."
source := 'log.txt'.
destination := 'log-backup.txt'.
success := 1. "define two constants, our error codes"
failure := 0.
fromStream := FileDirectory default oldFileNamed: source.
fromStream ifNil: [
    UIManager default inform: 'Copy failed -- could not open', source.
    ↑ failure "terminate this block with error code".
toStream := FileDirectory default newFileNamed: destination.
toStream ifNil: [
    fromStream close.
    UIManager default inform: 'Copy failed -- could not open', destination.
    ↑ failure ].
contents := fromStream contents.
contents ifNil: [
    fromStream close.
    toStream close.
    UIManager default inform: 'Copy failed -- source file has no contents'.
    ↑ failure ].
result := toStream nextPutAll: contents.
result ifFalse: [
    fromStream close.
    toStream close.
    UIManager default inform: 'Copy failed -- could not write to ', destination.
    ↑ failure ].
fromStream close.
toStream close.
↑ success.
```

What a mess ! Without exception handling, we must explicitly check the result of each operation before proceeding to the next. Not only must we check error codes at each point that something might go wrong, but we must also be prepared to cleanup any operations performed up to that point and abort the rest of the code.

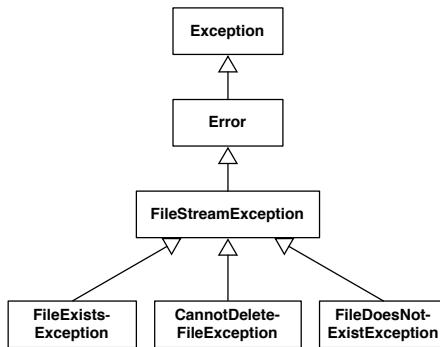


FIGURE 16.1 – A small part of the Pharo exception hierarchy.

16.5 Specifying which Exceptions will be Handled

In Smalltalk, exceptions are, of course, objects. In Pharo, an exception is an instance of an exception class which is part of a hierarchy of exception classes. For example, because the exceptions `FileDoesNotExistException`, `FileExistsException` and `CannotDeleteFileNotFoundException` are special kinds of `FileStreamException`, they are represented as subclasses of `FileStreamException`, as shown in la figure 16.1. This notion of “specialization” lets us associate an exception handler with a more or less general exceptional situation. So, we can write :

```
[ ... ] on: Error do: [ ... ]
[ ... ] on: FileStreamException do: [ ... ]
[ ... ] on: FileDoesNotExistException do: [ ... ]
```

The class `FileStreamException` adds information to class `Exception` to characterize the specific abnormal situation it describes. Specifically, `FileStreamException` defines the `fileName` instance variable, which contains the name of the file that signaled the exception. The root of the exception class hierarchy is `Exception`, which is a direct subclass of `Object`.

Two key messages are involved in exception handling : `on:do:`, which, as we have already seen, is sent to blocks to set an exception handler, and `signal`, which is sent to subclasses of `Exception` to signal that an exception has occurred.

16.6 Signaling an exception

To signal an exception¹, you only need to create an instance of the exception class, and to send it the message `signal`, or `signal:` with a textual description. The class `Exception` class provides a convenience method `signal`, which creates and signals an exception. So, here are two equivalent ways to signal a `ZeroDivide` exception :

`ZeroDivide new signal.`

`ZeroDivide signal. "class-side convenience method does the same as above"`

You may wonder why it is necessary to create an instance of an exception in order to signal it, rather than having the exception class itself take on this responsibility. Creating an instance is important because it encapsulates information about the context in which the exception was signaled. We can therefore have many exception instances, each describing the context of a different exception.

When an exception is signaled, the exception handling mechanism searches in the execution stack for an exception handler associated with the class of the signaled exception. When a handler is encountered (*c-à-d.* the message `on:do:` is on the stack), the implementation checks that the `exceptionClass` is a superclass of the signaled exception, and then executes the `handlerAction` with the exception as its sole argument. We will see shortly some of the ways in which the handler can use the exception object.

When signaling an exception, it is possible to provide information specific to the situation just encountered, as illustrated in the code below. For example, if the file to be opened does not exist, the name of the non-existent file can be recorded in the exception object :

`StandardFileStream class»oldFileNamed: fileName`

"Open an existing file with the given name for reading and writing. If the name has no directory part, then default directory will be assumed. If the file does not exist, an exception will be signaled. If the file exists, its prior contents may be modified or replaced, but the file will not be truncated on close."

```
| fullName |
fullName := self fullName: fileName.
↑(self isAFileNamed: fullName)
  ifTrue: [self new open: fullName forWrite: true]
  ifFalse: ["File does not exist..." 
    (FileDoesNotExistException new fileName: fullName) signal]
```

The exception handler may make use of this information to recover from the abnormal situation. The argument `ex` in an exception handler `[:ex | ...]` will

1. Synonyms are to “raise” or to “throw” an exception. Since the vital message is called `signal`, we use that terminology exclusively in this chapter.

be an instance of `FileDoesNotExistException` or of one of its subclasses. Here the exception is queried for the filename of the missing file by sending it the message `fileName`.

```
| result |
result := [(StandardFileStream oldFileNamed: 'error42.log') contentsOfEntireFile]
    on: FileDoesNotExistException
    do: [:ex | ex fileName , ' not available'].
Transcript show: result; cr
```

Every exception has a default description that is used by the development tools to report exceptional situations in a clear and comprehensible manner. To make the description available, all exception objects respond to the message `description`. Moreover, the default description can be changed by sending the message `messageText: aDescription`, or by signaling the exception using signal: `aDescription`.

Another example of signaling occurs in the `doesNotUnderstand:` mechanism, a pillar of the reflective capabilities of Smalltalk. Whenever an object is sent a message that it does not understand, the VM will (eventually) send it the message `doesNotUnderstand:` with an argument representing the offending message. The default implementation of `doesNotUnderstand:`, defined in class `Object`, simply signals a `MessageNotUnderstood` exception, causing a debugger to be opened at that point in the execution.

The `doesNotUnderstand:` method illustrates the way in which exception-specific information, such as the receiver and the message that is not understood, can be stored in the exception, and thus made available to the debugger.

Object»`doesNotUnderstand: aMessage`

"Handle the fact that there was an attempt to send the given message to the receiver but the receiver does not understand this message (typically sent from the machine when a message is sent to the receiver and no method is defined for that selector)."

```
MessageNotUnderstood new
    message: aMessage;
    receiver: self;
    signal.
↑ aMessage sentTo: self.
```

That completes our description of how exceptions are used. The remainder of this chapter discusses how exceptions are implemented, and adds some details that are relevant only if you define your own exceptions.

16.7 How breakpoints are Implemented

As we discussed in the Debugger chapter of *Pharo By Example*, the usual way of setting a breakpoint within a Smalltalk method is to insert the message-send `self halt` into the code. The method `halt`, implemented in `Object`, uses exceptions to open a debugger at the location of the breakpoint ; it is defined as follows :

`Object»halt`

"This is the typical message to use for inserting breakpoints during debugging. It behaves like `halt:`, but does not call on `halt:` in order to avoid putting this message on the stack. Halt is especially useful when the breakpoint message is an arbitrary one."

`Halt signal`

`Halt` is a direct subclass of `Exception`. A `Halt` exception is *resumable*, which means that it is possible to continue execution after a `Halt` is signaled.

`Halt` overrides the `defaultAction` method, which specifies the action to perform if the exception is not caught (*c-à-d.* there is no exception handler for `Halt` anywhere on the execution stack) :

`Halt»defaultAction`

"No one has handled this error, but now give them a chance to decide how to debug it. If no one handles this then open debugger (see `UnhandledError»defaultAction`)"

`UnhandledError signalForException: self`

This code signals a new exception, `UnhandledError`, that conveys the idea that no handler is present. The `defaultAction` of `UnhandledError` is to open a debugger :

`UnhandledError»defaultAction`

"The current computation is terminated. The cause of the error should be logged or reported to the user. If the program is operating in an interactive debugging environment the computation should be suspended and the debugger activated."

`↑ ToolSet debugError: exception.`

A few messages later, the debugger opens :

`StandardToolSet»debug: aProcess context: aContext label: aString contents: contents fullView: aBool`
`↑ Debugger openOn: aProcess context: aContext label: aString contents: contents fullView: aBool`

16.8 How handlers are found

We will now take a look at how exception handlers are found and fetched from the execution stack when an exception is signaled. However, before we do this, we need to understand how the control flow of a program is internally represented in the virtual machine.

At each point in the execution of a program, the execution stack of the program is represented as a list of activation contexts. Each activation context represents a method invocation and contains all the information needed for its execution, namely its receiver, its arguments, and its local variables. It also contains a reference to the context that triggered its creation, *c-à-d.* the activation context associated with the method execution that sent the message that created this context. In Pharo, the class `MethodContext` models this information. The references between activation contexts link them into a chain : this chain of activation contexts *is* Smalltalk's execution stack.

Actually, there are two kinds of activation context in Pharo : `methodContexts` and `blockContexts` : the latter are used to represent the execution of blocks. They have a common superclass `ContextPart`. We will ignore this detail for now.

Suppose that we attempt to open a `FileStream` on a non-existent file from a `dolt`. A `FileDoesNotExistException` will be signaled, and the execution stack will contain `MethodContexts` for `dolt`, `oldFileName:`, and `signal`, as shown in la figure 16.2.

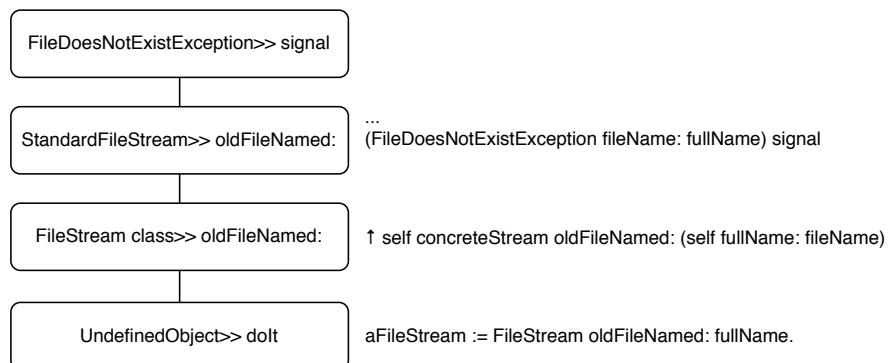


FIGURE 16.2 – A Pharo execution stack.

Since everything is an object in Smalltalk, we would expect method contexts to be objects. However, some Smalltalk implementations use the native C execution stack of the virtual machine to avoid creating objects all the time. The current Pharo virtual machine does actually use full Smalltalk objects all the time ; for speed, it recycles old method context objects rather than creating a new one for each message-send.

When we send *aBlock* on: *ExceptionClass* do: *actionHandler*, we intend to associate an exception handler (*actionHandler*) with a given class of exceptions (*ExceptionClass*) for the activation context of the protected block *aBlock*. This information is used to identify and execute *actionHandler* whenever an exception of an appropriate class is signaled ; *actionHandler* can be found by traversing the stack starting from the top (the most recent message-send) and working down to the context that sent the on:do: message.

If there is no exception handler on the stack, the message *defaultAction* will be sent either by *ContextPart»handleSignal:* or by *UndefinedObject»handleSignal:*. The latter is associated with the bottom of the stack, and is defined as follows :

UndefinedObject»handleSignal: exception

"When no more handler (on:do:) context is left in the sender chain, this gets called.

Return from signal with default action."

↑ *exception resumeUnchecked: exception defaultAction*

The message *handleSignal:* is sent by *Exception»signal.*

When an exception *E* is signaled, the system identifies and fetches the corresponding exception handler by searching down the stack as follows :

1. Look in the current activation context for a handler, and test if that handler *canHandleSignal: E*.
2. If no handler is found and the stack is not empty, go down the stack and return to step 1.
3. If no handler is found and the stack is empty, then send *defaultAction* to *E*. The default implementation in the *Error* class leads to the opening of a debugger.
4. If the handler is found, send it value: *E*.

Nested Exceptions. Exception handlers are outside of their own scope. This means that if an exception is signaled from within an exception handler — what we call a nested exception — a *separate* handler must be set to catch the nested exception.

Here is an example where one on:do: message is the receiver of another one ; the second will catch errors signaled by the handler of the first :

```
result := [[ Error signal: 'error 1' ]
  on: Exception
  do: [ Error signal: 'error 2' ]
    on: Exception
    do: [:ex | ex description ].
result   →  'Error: error 2'
```

Without the second handler, the nested exception will not be caught, and the debugger will be invoked.

An alternative would be to specify the second handler within the first one :

```
result := [ Error signal: 'error 1' ]
  on: Exception
  do: [[ Error signal: 'error 2' ]
    on: Exception
    do: [:ex | ex description ]].
result  —→  'Error: error 2'
```

16.9 Handling exceptions

When an exception is signaled, the handler has several choices about how to handle it. In particular, it may :

- (i) *abandon* the execution of the protected block, by simply specifying an alternative result ;
- (ii) *return* an alternative result for the protected block, by sending `return: aValue` to the exception object ;
- (iii) *retry* the protected block, by sending `retry`, or try a different block by sending `retryUsing: ;`
- (iv) *resume* the protected block at the failure point, by sending `resume` or `resume: ;`
- (v) *pass* the caught exception to the enclosing handler, by sending `pass` ; or
- (vi) *resignal* a different exception, by sending `resignalAs:` to the exception.

We will briefly look at the first three possibilities, and then we will take a closer look at the remaining ones.

Abandon the protected block

The first possibility is to abandon the execution of the protected block, as follows :

```
answer := [ |result|
  result := 6 * 7.
  Error signal.
  result "This part is never evaluated"
] on: Error
do: [ :ex | 3 + 4 ].
answer  —→  7
```

The handler takes over from the point where the error is signaled, and any code following in the original block is not evaluated.

Return a value with return:

A block returns the value of the last statement in the block, regardless of whether the block is protected or not. However, there are some situations where the result needs to be returned by the handler block. The message `return: aValue` sent to an exception has the effect of returning `aValue` as the value of the protected block :

```
result := [Error signal]
on: Error
do: [:ex | ex return: 3 + 4].
result → 7
```

The ANSI standard is not clear regarding the difference between using `do: [:ex | 100]` and `do: [:ex | ex return: 100]` to return a value. We suggest that you use `return:` since it is more intention-revealing, even if these two expressions are equivalent in Pharo.

A variant of `return:` is the message `return`, which returns `nil`.

Note that, in any case, control will *not* return to the protected block, but will be passed on up to the enclosing context.

```
6 * ([Error signal] on: Error do: [:ex | ex return: 3 + 4]) → 42
```

Retry a computation with retry and retryUsing:

Sometimes we may want to change the circumstances that led to the exception and retry the protected block. This is done by sending `retry` or `retryUsing:` to the exception object. It is important to be sure that the conditions that caused the exception have been changed before retrying the protected block, or else an infinite loop will result :

```
[Error signal] on: Error do: [:ex | ex retry] "will loop endlessly"
```

Here is a better example. The protected block is re-evaluated within a modified environment where `theMeaningOfLife` is properly initialized :

```
result := [ theMeaningOfLife * 7 ] "error -- theMeaningOfLife is nil"
on: Error
do: [:ex | theMeaningOfLife := 6. ex retry].
result → 42
```

The message `retryUsing: aNewBlock` enables the protected block to be replaced by `aNewBlock`. This new block is executed and is protected with the same handler as the original block.

```

x := 0.
result := [ x/x ]  "fails for x=0"
on: Error
do: [:ex |
  x := x + 1.
  ex retryUsing: [1/((x-1)*(x-2))]  "fails for x=1 and x=2"
].
result  →  (1/2)  "succeeds when x=3"

```

The following code loops endlessly :

```
[1 / 0] on: ArithmeticError do: [:ex | ex retryUsing: [ 1 / 0 ]]
```

whereas this will signal an Error :

```
[1 / 0] on: ArithmeticError do: [:ex | ex retryUsing: [ Error signal ]]
```

As another example, recall the file handling code we saw earlier, in which we printed a message to the Transcript when a file is not found. Instead, we could prompt for the file as follows :

```

[(StandardFileStream oldFileNamed: 'error42.log') contentsOfEntireFile]
on: FileDoesNotExistException
do: [:ex | ex retryUsing: [FileDialog modalFileSelector contentsOfEntireFile] ]

```

16.10 Resuming execution

A method that signals an exception that isResumable can be resumed at the place immediately following the signal. An exception handler may therefore perform some action, and then resume the execution flow. This behavior is achieved by sending resume: to the exception in the handler. The argument is the value to be used in place of the expression that signaled the exception. In the following example we signal and catch MyResumableTestError, which is defined in the Tests-Exceptions category :

```

result := [ | log |
  log := OrderedCollection new.
  log addLast: 1.
  log addLast: MyResumableTestError signal.
  log addLast: 2.
  log addLast: MyResumableTestError signal.
  log addLast: 3.
  log ]
  on: MyResumableTestError
  do: [ :ex | ex resume: 0 ].
result  →  an OrderedCollection(1 0 2 0 3)

```

Here we can clearly see that the value of MyResumableTestError signal is the value of the argument to the resume: message.

The message resume is equivalent to resume: nil.

The usefulness of resuming an exception is illustrated by the class Installer, which implements an automatic package loading mechanism. When installing packages, warnings may be signaled. Warnings should not be considered fatal errors, so the installer should simply ignore the warning and continue installing.

```
Installer»installQuietly: packageNameCollectionOrDetectBlock
  self package: packageNameCollectionOrDetectBlock.
  [ self install ] on: Warning do: [ :ex | ex resume ].
```

Another situation where resumption is useful is when you want to ask the user what to do. For example, suppose that we were to define a class ResumableLoader with the following method :

```
ResumableLoader»readOptionsFrom: aStream
  | option |
  [aStream atEnd]
    whileFalse: [option := self parseOption: aStream.
      "nil if invalid"
      option isNil
        ifTrue: [InvalidOption signal]
        ifFalse: [self addOption: option]].
  aStream close
```

If an invalid option is encountered, we signal an InvalidOption exception. The context that sends readOptionsFrom: can set up a suitable handler :

```
ResumableLoader»readConfiguration
  | stream |
  stream := self optionStream.
  [self readOptionsFrom: stream]
    on: InvalidOption
    do: [:ex | UIManager default confirm: 'Invalid option line. Continue loading?'
      ifTrue: [ex resume]
      ifFalse: [ex return]].
  stream close
```

Depending on user input, the handler in readConfiguration might return nil, or it might resume the exception, causing the signal message send in readOptionsFrom: to return and the parsing of the options stream to continue.

Note that InvalidOption must be resumable ; it suffices to define it as a subclass of Exception.

Example : Deprecation

Deprecation offers a case study of a mechanism built using resumable exceptions. Deprecation is a software re-engineering pattern that allows us to mark a method as being “deprecated”, meaning that it may disappear in a future release and should not be used by new code. In Pharo, a method can be marked as deprecated as follows :

```
Utilities class>convertCRtoLF: fileName
    "Convert the given file to LF line endings. Put the result in a file with the extention '.If'"

self deprecated: 'Use "FileStream convertCRtoLF: fileName" instead.'
on: '10 July 2009' in: #Pharo1.0 .
FileStream convertCRtoLF: fileName
```

When the message `convertCRtoLF:` is sent, if the `raiseDeprecationWarnings` preference is true, then a pop-up window is displayed with a notification and the programmer may resume the application execution ; this is shown in figure 16.3.

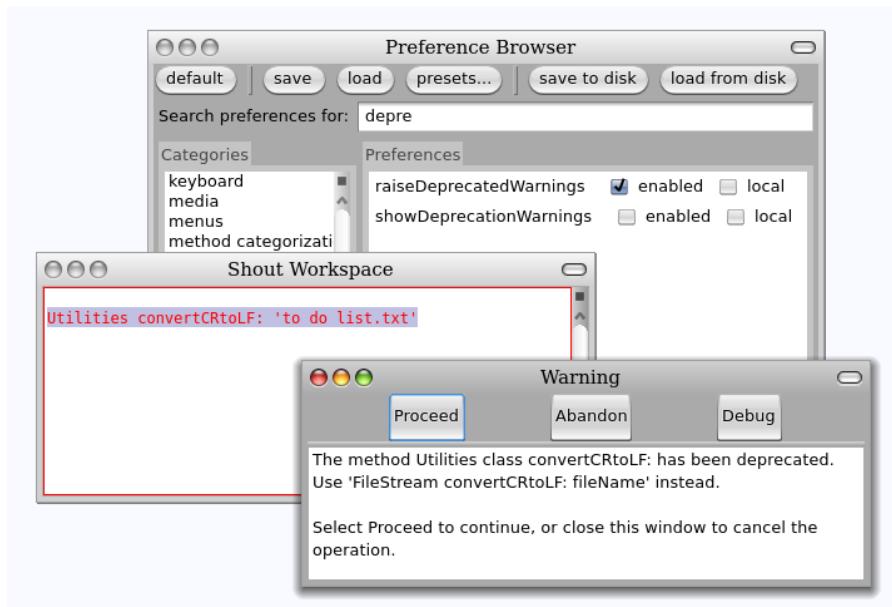


FIGURE 16.3 – Sending a deprecated message.

Deprecation is implemented in Pharo in just a few steps. First, we define `Deprecation` as a subclass of `Warning`. It should have some instance variables to contain information about the deprecation : in Pharo these are `methodReference`, `explanationString`, `deprecationDate` and `versionString` ; we therefore need to define

an instance-side initialization method for these variables, and a class-side instance creation method that sends the corresponding message.

When we define a new exception class, we should consider overriding `isResumable`, `description`, and `defaultAction`. In this case the inherited implementations of the first two methods are fine :

- `isResumable` is inherited from `Exception`, and answers true ;
- `description` is inherited from `Exception`, and answers an adequate textual description.

However, it is necessary to override the implementation of `defaultAction`, because we want that to depend on some preferences. Here is Pharo's implementation :

```
Deprecation»defaultAction
Log ifNotNil: [:log| log add: self].
Preferences showDeprecationWarnings ifTrue:
    [Transcript nextPutAll: explanationString; cr; flush].
Preferences raiseDeprecatedWarnings ifTrue:
    [super defaultAction]
```

The first preference simply causes a warning message to be written on the Transcript. The second preference asks for an exception to be signaled, which is accomplished by super-sending `defaultAction`.

We also need to implement some convenience methods in `Object`, like this one :

```
Object»deprecated: anExplanationString on: date in: version
(Deprecation
method: thisContext sender method
explanation: anExplanationString
on: date
in: version) signal
```

16.11 Passing exceptions on

To illustrate the remaining possibilities for handling exceptions, we will look at how to implement a generalization of the `perform:` method. If we send `perform: aSymbol` to an object, this will cause the message named `aSymbol` to be sent to that object :

```
5 perform: #factorial → 120 "same as: 5 factorial"
```

Several variants of this method exist. For example :

```
1 perform: #+ withArguments: #(2) → 3 "same as: 1 + 2"
```

These `perform:-like` methods are very useful for accessing an interface dynamically, since the messages to be sent can be determined at run-time.

One message that is missing is one that will send a cascade of unary messages to a given receiver. A simple and naive implementation is :

```
Object»performAll: selectorCollection
    selectorCollection do: [:each | self perform: each] "aborts on first error"
```

This method could be used as follows :

```
Morph new performAll: #( #activate #beTransparent #beUnsticky)
```

However, there is a complication. There might be a selector in the collection that the object does not understand (such as `#activate`). We would like to ignore such selectors and continue sending the remaining messages. The following implementation seems to be reasonable :

```
Object»performAll: selectorCollection
    selectorCollection do: [:each |
        [self perform: each]
        on: MessageNotUnderstood
        do: [:ex | ex return]] "also ignores internal errors"
```

On closer examination we notice another problem. This handler will not only catch and ignore messages not understood by the original receiver, but also any messages sent but not understood in methods for messages that *are* understood ! This will hide programming errors in those methods, which is not our intent. To fix this, we need our handler to analyze the exception to see if it was indeed caused by the attempt to perform the current selector. Here is the correct implementation.

Méthode 16.1 – *Object»performAll* :

```
Object»performAll: selectorCollection
    selectorCollection do: [:each |
        [self perform: each]
        on: MessageNotUnderstood
        do: [:ex | (ex receiver == self and: [ex message selector == each])
            ifTrue: [ex return]
            ifFalse: [ex pass]]] "pass internal errors on"
```

This has the effect of passing on `MessageNotUnderstood` errors to the surrounding context when they are not part of the list of messages we are performing. The `pass` message will pass the exception on to the next applicable handler in the execution stack.

If there is no next handler on the stack, the `defaultAction` message is sent to the exception instance. The `pass` action does not modify the sender chain in

any way—but the handler that control is passed to may do so. Like the other messages discussed in this section, `pass` is special—it never returns to the sender.

The goal of this section has been to demonstrate the power of exceptions. It should be clear that while you can do almost anything with exceptions, the code that results is not always easy to understand. There is often a simpler way to get the same effect without exceptions; see méthode 16.2 on page 406 for a better way to implement `performAll:`.

16.12 Resending exceptions

Now suppose that in our `performAll:` example we no longer want to ignore selectors not understood by the receiver, but instead we want to consider an occurrence of such a selector as an error. However, we want it to be signaled as an application-specific exception, let's say `InvalidAction`, rather than the generic `MessageNotUnderstood`. In other words, we want the ability to “resignal” a signaled exception as a different one.

It might seem that the solution would simply be to signal the new exception in the handler block. The handler block in our implementation of `performAll:` would be :

```
[:ex | (ex receiver == self and: [ex message selector == each])
    ifTrue: [ex signal]    "signals from the wrong context"
    ifFalse: [ex pass]]]
```

A closer look reveals a subtle problem with this solution, however. Our original intent was to replace the occurrence of `MessageNotUnderstood` with `InvalidAction`. This replacement should have the same effect as if `InvalidAction` were signaled at the same place in the program as the original `MessageNotUnderstood` exception. Our solution signals `InvalidAction` in a different location. The difference in locations may well lead to a difference in the applicable handlers.

To solve this problem, ressignaling an exception is a special action handled by the system. For this purpose, the system provides the message `resignalAs:`. The correct implementation of a handler block in our `performAll:` example would be :

```
[:ex | (ex receiver == self and: [ex message selector == each])
    ifTrue: [ex resignalAs: InvalidAction]    "resignals from original context"
    ifFalse: [ex pass]]]
```

16.13 Comparing outer with pass

The method outer is very similar to pass. Sending outer to an exception also evaluates the enclosing handler action. The only difference is that if the outer handler resumes the exception, then control will be returned to the point where outer was sent, not the original point where the exception was signaled :

```
passResume := [[ Warning signal . 1 ]  "resume to here"
  on: Warning
  do: [ :ex | ex pass . 2 ]
    on: Warning
    do: [ :ex | ex resume ].
```

passResume → 1 "resumes to original signal point"

```
outerResume := [[ Warning signal . 1 ]
  on: Warning
  do: [ :ex | ex outer . 2 ]]  "resume to here"
  on: Warning
  do: [ :ex | ex resume ].
```

outerResume → 2 "resumes to where outer was sent"

16.14 Catching sets of exceptions

So far we have always used on:do: to catch just a single class of exception. The handler will only be invoked if the exception signaled is a sub-instance of the specified exception class. However, we can imagine situations where we might like to catch multiple classes of exceptions. This is easy to do :

```
result := [ Warning signal . 1/0 ]
  on: Warning, ZeroDivide
  do: [:ex | ex resume: 1 ].
```

result → 1

If you are wondering how this works, just have a look at the implementation of Exception class»,

Exception class», anotherException
"Create an exception set."

```
↑ExceptionSet new
  add: self;
  add: anotherException;
  yourself
```

The rest of the magic occurs in the class `ExceptionSet`, which has a surprisingly trivial implementation.

```
Object subclass: #ExceptionSet
  instanceVariableNames: 'exceptions'
  classVariableNames: ''
  poolDictionaries: ''
  category: 'Exceptions-Kernel'

ExceptionSet»initialize
  super initialize.
  exceptions := OrderedCollection new

ExceptionSet», anException
  self add: anException.
  ↑self

ExceptionSet»add: anException
  exceptions add: anException

ExceptionSet»handles: anException
  exceptions do: [:ex | (ex handles: anException) ifTrue: [↑true]].
  ↑false
```

16.15 How exceptions are implemented

Let's have a look at how exceptions are implemented at the Virtual Machine level.

Storing Handlers. First we need to understand how the exception class and its associated handler are stored and how this information is found at run-time. Let's look at the definition of the central method `on:do:` defined on the class `BlockClosure`.

```
BlockClosure»on: exception do: handlerAction
  "Evaluate the receiver in the scope of an exception handler."
  | handlerActive |
  <primitive: 199>
  handlerActive := true.
  ↑self value
```

This code tells us two things : First, this method is implemented as a primitive, which means that a primitive operation of the virtual machine is executed when this method is invoked. VM primitives don't normally return :

successful execution of a primitive terminates the method that contains the <primitive: n> instruction, answering the result of the primitive. So, the Smalltalk code that follows the primitive serves two purposes : it documents what the primitive does, and is available to be executed if the primitive should fail. Here we see that `on:do:` simply sets the temporary variable `handlerActive` to true, and then evaluates the receiver (which is, of course, a block).

This is surprisingly simple, but somewhat puzzling. Where are the arguments of the `on:do:` method stored ? Let's look at the definition of the class `MethodContext`, whose instances make up the execution stack :

```
ContextPart variableSubclass: #MethodContext
  instanceVariableNames: 'method closureOrNil receiver'
  classVariableNames: ''
  poolDictionaries: ''
  category: 'Kernel-Methods'
```

There is no instance variable here to store the exception class or the handler, nor is there any place in the superclass to store them. However, note that `MethodContext` is defined as a `variableSubclass`. This means that in addition to the named instance variables, objects of this class have some numbered slots. In fact, every `MethodContext` has a numbered slot for each argument of the method whose invocation it represents. There are also additional numbered slots for the temporary variables of the method.

To verify this, you can evaluate the following piece of code :

```
| exception handler |
[exception := thisContext sender at: 1.
handler := thisContext sender at: 2.
1 / 0]
on: Error
do: [:ex|].
{exception . handler} explore
```

The last line explores a 2-element array that contains the exception class and the exception handler.

Finding Handlers. Now that we know where the information is stored, let's have a look at how it is found at runtime.

We might think that the primitive 199 is complex to write. But it too is trivial, because primitive 199 *always* fails ! Because the primitive always fails, the Smalltalk body of `on:do:` is always executed. However, the presence of the <primitive 199> bytecode marks the executing context in a unique way.

The source code of the primitive is found in `Interpreter>primitiveMarkHandlerMethod` in the `VMMaker SqueakSource` project :

primitiveMarkHandlerMethod

"Primitive. Mark the method for exception handling. The primitive must fail after marking the context so that the regular code is run."

self inline: false.

↑self primitiveFail

So now we know that when the method `on:do:` is executed, the `MethodContext` that makes up the stack frame is tagged and the handler and exception class are stored there.

Now, if an exception is signaled further up the stack, the method `signal` can search the stack to find the appropriate handler :

Exception»signal

"Ask ContextHandlers in the sender chain to handle this signal."

The default is to execute and return my defaultAction."

signalContext := thisContext contextTag.

↑ thisContext nextHandlerContext handleSignal: self

ContextPart»nextHandlerContext

↑ self sender findNextHandlerContextStarting

The method `findNextHandlerContextStarting` is implemented as a primitive (number 197) ; its body describes what it does. It looks to see if the stack frame is a context created by the execution of the method `on:do:` (it just looks to see if the primitive number is 199). If this is the case it answers with that context.

ContextPart»findNextHandlerContextStarting

"Return the next handler marked context, returning nil if there is none. Search starts with self and proceeds up to nil."

| ctx |

<primitive: 197>

ctx := self.

[ctx isHandlerContext ifTrue: [↑ctx].

(ctx := ctx sender) == nil] whileFalse.

↑nil

MethodContext»isHandlerContext

"is this context for method that is marked?"

↑method primitive = 199

Since the method context supplied by `findNextHandlerContextStarting` contains all the exception-handling information, it can be examined to see if the exception class is suitable for handling the current exception. If so, the associated

handler can be executed ; if not, the look-up can continue further. This is all implemented in the handleSignal: method.

ContextPart->handleSignal: exception

"Sent to handler (on:do:) contexts only. If my exception class (first arg) handles exception then execute my handle block (second arg), otherwise forward this message to the next handler context. If none left, execute exception's defaultAction (see nil>>handleSignal:)."

```
| val |
((self tempAt: 1) handles: exception) and: [self tempAt: 3] ifFalse: [
    ↑ self nextHandlerContext handleSignal: exception].
```

exception privHandlerContext: self contextTag.
 self tempAt: 3 put: false. *"disable self while executing handle block"*
 val := [(self tempAt: 2) valueWithPossibleArgs: {exception}]
 ensure: [self tempAt: 3 put: true].
 self return: val. *"return from self if not otherwise directed in handle block"*

Notice how this method uses tempAt: 1 to access the exception class, and ask if it handles the exception. What about tempAt: 3 ? That is the temporary variable handlerActive of the on:do: method. Checking that handlerActive is true and then setting it to false ensures that a handler will not be asked to handle an exception that it signals itself. The return: message sent as the final action of handleSignal is responsible for “unwinding” the execution stack by removing the stack frames above self.

The full story is only slightly more complicated because there are actually two classes of objects that make up the stack, MethodContexts, which we have already discussed, and BlockContexts, which represent the execution of blocks. ContextPart is their common superclass.

So, to summarize, the signal method, with minimal assistance from the virtual machine, finds the context that correspond to an on:do: message with an appropriate exception class. Because the execution stack is made up of Context objects that may be manipulated just like any other object, the stack can be shortened at any time. This is a superb example of flexibility of Smalltalk.

16.16 Other kinds of Exception

The class `Exception` in Pharo has ten direct subclasses, as shown in figure 16.4. The first thing that we notice from this figure is that the `Exception` hierarchy is a bit of a mess ; you can expect to see some of the details change as Pharo is improved.

The second thing that we notice is that there are two large sub-hierarchies :

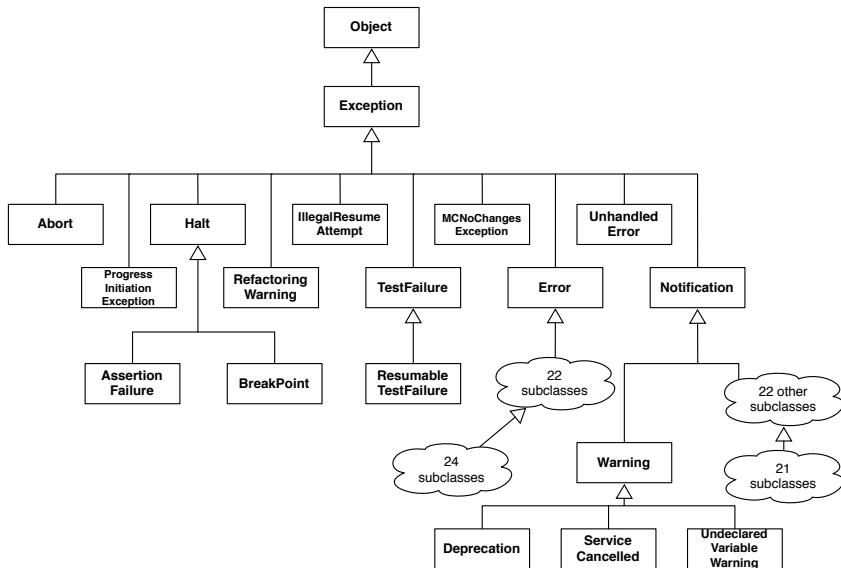


FIGURE 16.4 – The whole Pharo exception hierarchy.

Error and Notification. Errors tell us that the program has fallen into some kind of abnormal situation. In contrast, Notifications tell us that an event has occurred, but without the assumption that it is abnormal. So, if a Notification is not handled, the program will continue to execute. An important subclass of Notification is Warning ; warnings are used to notify other parts of the system, or the user, of abnormal but non-lethal behavior.

The property of being resumable is largely orthogonal to the location of an exception in the hierarchy. In general, Errors are not resumable, but 10 of its subclasses are resumable. For example, MessageNotUnderstood is a subclass of Error, but it is resumable. TestFailures are not resumable, but, as you would expect, ResumableTestFailures are.

Resumability is controlled by the private Exception method `isResumable`. For example :

```

Exception new isResumable   --> true
Error new isResumable      --> false
Notification new isResumable --> true
Halt new isResumable       --> true
MessageNotUnderstood new isResumable --> true

```

As it turns out, roughly 2/3 of all exceptions are resumable :

```

Exception allSubclasses size --> 103
(Exception allSubclasses select: [:each | each new isResumable]) size --> 66

```

If you declare a new subclass of exceptions, you should look in its protocol for the `isResumable` method, and override it as appropriate to the semantics of your exception.

In some situations, it will never make sense to resume an exception. In such a case you should signal a non-resumable subclass—either an existing one or one of your own creation. In other situations, it will always be OK to resume an exception, without the handler having to do anything. In fact, this gives us another way of characterizing a notification : a `Notification` is a resumable Exception that can be safely resumed them without first modifying the state of the system. More often, it will be safe to resume an exception only if the state of the system is first modified in some way. So, if you signal a resumable exception, you should be very clear about what you expect an exception handler to do before it resumes the exception.

16.17 When not to use Exceptions

Just because Pharo has exception handling, you should not conclude that it is always appropriate to use it. Recall that in the introduction to this chapter, we said that exception handling is for *exceptional* situations. So, the first rule for using exceptions is *not* to use them for situations that *can reasonably be expected to occur* in a normal execution.

Of course, if you are writing a library, what is normal depends on the context in which your library is used. To make this concrete, let's look at `Dictionary` as an example : `aDictionary at: aKey` will signal an `Error` if `aKey` is not present. But you should not write a handler for this error ! If the logic of your application is such that there is some possibility that the key will not be in the dictionary, then you should instead use `at: aKey ifAbsent: [remedial action]`. In fact, `Dictionary»at:` is implemented using `Dictionary»at:ifAbsent:.. aCollection detect: aPredicateBlock` is similar : if there is any possibility that the predicate might not be satisfied, you should use `aCollection detect: aPredicateBlock ifNone: [remedial action]`.

When you write methods that signal exceptions, you should consider whether you should also provide an alternative method that takes a remedial block as an additional argument, and evaluates it if the normal action cannot be completed. Although this technique can be used in any programming language that support closures, because Smalltalk uses closures for *all* its control structures, it is a particularly natural one to use in Smalltalk.

Another way of avoiding exception handling is to test the precondition of the exception before sending the message that may signal it. For example, in méthode 16.1, we sent a message to an object using `perform:`, and handled the `MessageNotUnderstood` error that might ensue. A much simpler alternative is to check to see if the message is understood before executing the `perform:`

Méthode 16.2 – *Object»performAll : revisited*

```
performAll: selectorCollection
    selectorCollection
        do: [:each | (self respondsTo: each)
            ifTrue: [self perform: each]]
```

The primary objection to méthode 16.2 is efficiency. The implementation of `respondsTo:` s has to lookup s in the target's method dictionary to find out if s will be understood. If the answer is yes, then `perform:` will look it up again. Moreover, the first lookup is implemented in Smalltalk, not in the virtual machine. If this code is in a performance-critical loop, this might be an issue. However, if the collection of messages comes from a user interaction, the speed of `performAll:` will not be a problem.

16.18 Chapter Summary

In this chapter we saw how to use exceptions to signal and handle abnormal situations arising in our code.

- Don't use exceptions as a control-flow mechanism. Reserve them for notifications and for *abnormal* situations. Consider providing methods that take blocks as arguments as an alternative to signaling exceptions.
- Use `protectedBlock ensure: actionBlock` to ensure that `actionBlock` will be performed even if `protectedBlock` terminates abnormally.
- Use `protectedBlock ifCurtailed: actionBlock` to ensure that `actionBlock` will be performed *only* if `protectedBlock` terminates abnormally.
- Exceptions are objects. Exceptions classes form a hierarchy with the class `Exception` at the root of the hierarchy.
- Use `protectedBlock on: ExceptionClass do: handlerBlock` to catch exceptions that are instances of `ExceptionClass` (or any of its subclasses). The `handlerBlock` should take an exception instance as its sole argument.
- Exceptions are signaled by sending one of the messages `signal` or `signal:`. `signal:` takes a descriptive string as its argument. The description of an exception can be obtained by sending it the message `description`.
- You can set a breakpoint in your code by inserting the message-send `self halt`. This signals a resumable Halt exception, which, by default, will open a debugger at the point where the breakpoint occurs.
- When an exception is signaled, the runtime system will search up the execution stack, looking for a handler for that specific class of exception. If none is found, the `defaultAction` for that exception will be performed (*c-à-d.* in most cases the debugger will be opened).
- An exception handler may terminate the protected block by sending `return:` to the signaled exception ; the value of the protected block will be the argument supplied to `return:`.

- An exception handler may retry a protected block by sending `retry` to the signaled exception. The handler remains in effect.
- An exception handler may specify a new block to try by sending `retryUsing:` to the signaled exception, with the new block as its argument. Here, too, the handler remains in effect.
- Notifications are subclass of `Exception` with the property that they can be safely resumed without the handler having to take any specific action.

Acknowledgments. We gratefully acknowledge Vassili Bykov for the raw material he provided. We also thank Paolo Bonzini, the main developer of GNU Smalltalk, for the Smalltalk implementations of `ensure:` and `ifCurtailed:`.

Chapitre 17

La réflexivité

À CORRIGER! MARTIAL: CHAPITRE CHERCHE TRADUCTEUR

Smalltalk is a reflective programming language. In a nutshell, this means that programs are able to “reflect” on their own execution and structure. More technically, this means that the *metaobjects* of the runtime system can be *reified* as ordinary objects, which can be queried and inspected. The metaobjects in Smalltalk are classes, metaclasses, method dictionaries, compiled methods, the run-time stack, and so on. This form of reflection is also called *introspection*, and is supported by many modern programming languages.

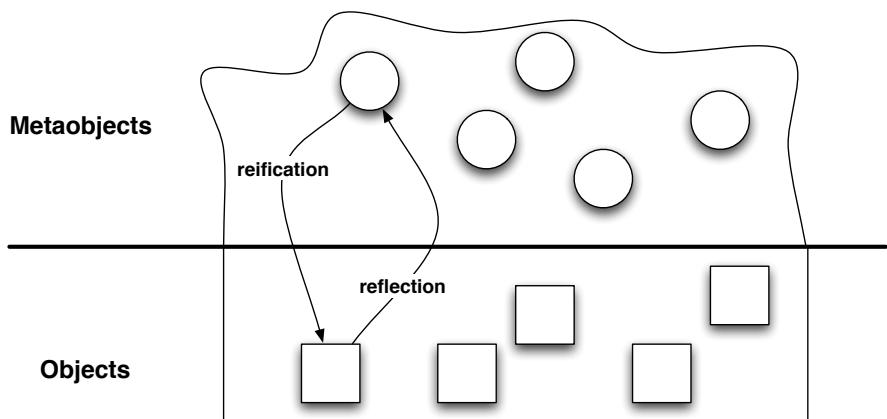


FIGURE 17.1 – Reification and reflection.

Conversely, it is possible in Smalltalk to modify reified metaobjects and *reflect* these changes back to the runtime system (see la figure 17.1). This is also called *intercession*, and is supported mainly by dynamic programming languages, and only to a very limited degree by static languages.

A program that manipulates other programs (or even itself) is a *metaprogram*. For a programming language to be reflective, it should support both introspection and intercession. Introspection is the ability to *examine* the data structures that define the language, such as objects, classes, methods and the execution stack. Intercession is the ability to *modify* these structures, in other words to change the language semantics and the behavior of a program from within the program itself. *Structural reflection* is about examining and modifying the structures of the run-time system, and *behavioural reflection* is about modifying the interpretation of these structures.

In this chapter we will focus mainly on structural reflection. We will explore many practical examples illustrating how Smalltalk supports introspection and metaprogramming.

17.1 Introspection

Using the inspector, you can look at an object, change the values of its instance variables, and even send messages to it.

 Evaluate the following code in a workspace :

```
w := Workspace new.  
w openLabel: 'My Workspace'.  
w inspect
```

This will open a second workspace and an inspector. The inspector shows the internal state of this new workspace, listing its instance variables in the left part (dependents, contents, bindings...) and the value of the selected instance variable in the right part. The contents instance variable represents whatever the workspace is displaying in its text area, so if you select it, the right part will show an empty string.

 Now type 'hello' in place of that empty string, then accept it.

The value of the contents variable will change, but the workspace window will not notice it, so it does not redisplay itself. To trigger the window refresh, evaluate self contentsChanged in the lower part of the inspector.

Accessing instance variables

How does the inspector work ? In Smalltalk, all instance variables are protected. In theory, it is impossible to access them from another object if the class doesn't define any accessor. In practice, the inspector can access instance variables without needing accessors, because it uses the reflective

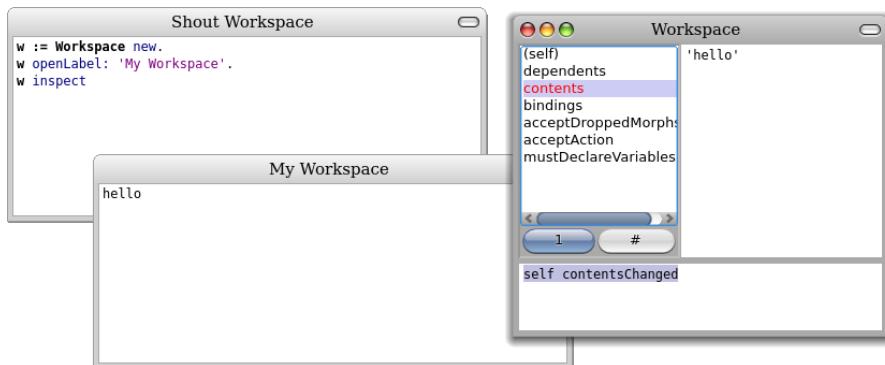


FIGURE 17.2 – Inspecting a Workspace.

abilities of Smalltalk. In Smalltalk, classes define instance variables either by name or by numeric indices. The inspector uses methods defined by the Object class to access them : `instVarAt: index` and `instVarNamed: aString` can be used to get the value of the instance variable at position `index` or identified by `aString`, respectively ; to assign new values to these instance variables, it uses `instVarAt:put:` and `instVarNamed:put:`.

For instance, you can change the value of the `w` binding of the first workspace by evaluating :

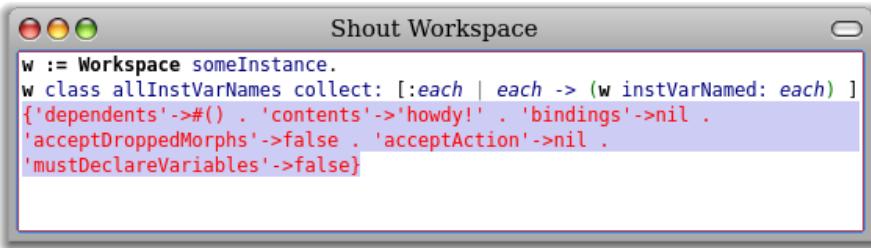
```
w instVarNamed: 'contents' put: 'howdy'; contentsChanged
```

Caveat : Although these methods are useful for building development tools, using them to develop conventional applications is a bad idea : these reflective methods break the encapsulation boundary of your objects and can therefore make your code much harder to understand and maintain.

Both `instVarAt:` and `instVarAt:put:` are primitive methods, meaning that they are implemented as primitive operations of the Pharo virtual machine. If you consult the code of these methods, you will see the special pragma syntax `<primitive: N>` where `N` is an integer.

```
Object»instVarAt: index
"Primitive. Answer a fixed variable in an object. ..."
<primitive : 73>
"Access beyond fixed variables."
↑self basicAt: index - self class instSize
```

Typically, the code after the primitive invocation is not executed. It is executed only if the primitive fails. In this specific case, if we try to access a variable that does not exist, then the code following the primitive will be tried. This also allows the debugger to be started on primitive methods. Although it is possible to modify the code of primitive methods, beware that this can be risky business for the stability of your Pharo system.



```
w := Workspace someInstance.
w class allInstVarNames collect: [:each | each -> (w instVarNamed: each) ]
{'dependents'->#() . 'contents'->'howdy!' . 'bindings'->nil .
'acceptDroppedMorphs'->false . 'acceptAction'->nil .
'mustDeclareVariables'->false}
```

FIGURE 17.3 – Displaying all instance variables of a Workspace.

la figure 17.3 shows how to display the values of the instance variables of an arbitrary instance (w) of class Workspace. The method allInstVarNames returns all the names of the instance variables of a given class.

In the same spirit, it is possible to gather instances that have specific properties. For instance, to get all instances of class SketchMorph whose instance variable owner is set to the world morph (*c-à-d. images currently displayed*), try this expression :

```
SketchMorph allInstances select: [:c | (c instVarNamed: 'owner') isWorldMorph]
```

Iterating over instance variables

Let us consider the message instanceVariableValues, which returns a collection of all values of instance variables defined by this class, excluding the inherited instance variables. For instance :

```
(1@2) instanceVariableValues —> an OrderedCollection(1 2)
```

The method is implemented in Object as follows :

```
Object>instanceVariableValues
```

"Answer a collection whose elements are the values of those instance variables of the receiver which were added by the receiver's class."

```
| c |
c := OrderedCollection new.
self class superclass instSize + 1
    to: self class instSize
    do: [ :i | c add: (self instVarAt: i)].
^ c
```

This method iterates over the indices of instance variables that the class defines, starting just after the last index used by the superclasses. (The method `instSize` returns the number of all named instance variables that a class defines.)

Querying classes and interfaces

The development tools in Pharo (code browser, debugger, inspector...) all use the reflective features we have seen so far.

Here are a few other messages that might be useful to build development tools :

`isKindOf: aClass` returns true if the receiver is instance of `aClass` or of one of its superclasses. For instance :

1.5 class	→	Float
1.5 isKindOf: Number	→	true
1.5 isKindOf: Integer	→	false

`respondsTo: aSymbol` returns true if the receiver has a method whose selector is `aSymbol`. For instance :

1.5 respondsTo: #floor	→	true	<i>"since Number implements floor"</i>
1.5 floor	→	1	
Exception respondsTo: #,	→	true	<i>"exception classes can be grouped"</i>

Caveat : Although these features are especially useful for defining development tools, they are normally not appropriate for typical applications. Asking an object for its class, or querying it to discover which messages it understands, are typical signs of design problems, since they violate the principle of encapsulation. Development tools, however, are not normal applications, since their domain is that of software itself. As such these tools have a right to dig deep into the internal details of code.

Code metrics

Let's see how we can use Smalltalk's introspection features to quickly extract some code metrics. Code metrics measure such aspects as the depth of the inheritance hierarchy, the number of direct or indirect subclasses, the number of methods or of instance variables in each class, or the number of locally defined methods or instance variables. Here are a few metrics for the class `Morph`, which is the superclass of all graphical objects in Pharo, revealing that it is a huge class, and that it is at the root of a huge hierarchy. Maybe it needs some refactoring !

<code>Morph allSuperclasses size.</code>	→ 2 "inheritance depth"
<code>Morph allSelectors size.</code>	→ 1378 "number of methods"
<code>Morph allInstVarNames size.</code>	→ 6 "number of instance variables"
<code>Morph selectors size.</code>	→ 998 "number of new methods"
<code>Morph instVarNames size.</code>	→ 6 "number of new variables"
<code>Morph subclasses size.</code>	→ 45 "direct subclasses"
<code>Morph allSubclasses size.</code>	→ 326 "total subclasses"
<code>Morph linesOfCode.</code>	→ 5968 "total lines of code!"

One of the most interesting metrics in the domain of object-oriented languages is the number of methods that extend methods inherited from the superclass. This informs us about the relation between the class and its superclasses. In the next sections we will see how to exploit our knowledge of the runtime structure to answer such questions.

17.2 Browsing code

In Smalltalk, everything is an object. In particular, classes are objects that provide useful features for navigating through their instances. Most of the messages we will look at now are implemented in `Behavior`, so they are understood by all classes.

As we saw previously, you can obtain an instance of a given class by sending it the message `#someInstance`.

```
Point someInstance → 0@0
```

You can also gather all the instances with `#allInstances`, or the number of alive instances in memory with `#instanceCount`.

<code>ByteString allInstances</code>	→ #'(collection' 'position' ...)
<code>ByteString instanceCount</code>	→ 104565
<code>String allSubInstances size</code>	→ 101675

These features can be very useful when debugging an application, because you can ask a class to enumerate those of its methods exhibiting specific properties.

- `whichSelectorsAccess`: returns the list of all selectors of methods that read or write the instance variable named by the argument
- `whichSelectorsStoreInto`: returns the selectors of methods that modify the value of an instance variable
- `whichSelectorsReferTo`: returns the selectors of methods that send a given message
- `crossReference` associates each message with the set of methods that send it.

```
Point whichSelectorsAccess: 'x'      —> an IdentitySet(#"\\" #= #scaleBy: ...)
Point whichSelectorsStoreInto: 'x'   —> an IdentitySet(#setX:setY: ...)
Point whichSelectorsReferTo: #+    —> an IdentitySet(#rotateBy:about: ...)
Point crossReference   —> an Array(
  an Array('+' an IdentitySet(#rotateBy:about: ...))
  an Array('+' an IdentitySet(#rotateBy:about: ...))
  ...
)
```

The following messages take inheritance into account :

- `whichClassIncludesSelector`: returns the superclass that implements the given message
- `unreferencedInstanceVariables` returns the list of instance variables that are neither used in the receiver class nor any of its subclasses

```
Rectangle whichClassIncludesSelector: #inspect  —> Object
Rectangle unreferencedInstanceVariables       —> #()
```

`SystemNavigation` is a facade that supports various useful methods for querying and browsing the source code of the system. `SystemNavigation default` returns an instance you can use to navigate the system. For example :

```
SystemNavigation default allClassesImplementing: #yourself  —> {Object}
```

The following messages should also be self-explanatory :

```
SystemNavigation default allSentMessages size      —> 24930
SystemNavigation default allUnsentMessages size   —> 6431
SystemNavigation default allUnimplementedCalls size —> 270
```

Note that messages implemented but not sent are not necessarily useless, since they may be sent implicitly (*par ex.*, using `perform`:). Messages sent but not implemented, however, are more problematic, because the methods sending these messages will fail at runtime. They may be a sign of unfinished implementation, obsolete APIs, or missing libraries.

`SystemNavigation default allCallsOn: #Point` returns all messages sent explicitly to `Point` as a receiver.

All these features are integrated in the programming environment of Pharo, in particular in the code browsers. As you are surely already aware, there are convenient keyboard shortcuts for browsing all implementors (CMD-m) and senders (CMD-n) of a given message. What is perhaps not so well known is that there are many such pre-packaged queries implemented as methods of the SystemNavigation class in the *browsing* protocol. For example, you can programmatically browse all implementors of the message `ifTrue:` by evaluating :

```
SystemNavigation default browseAllImplementorsOf: #ifTrue:
```

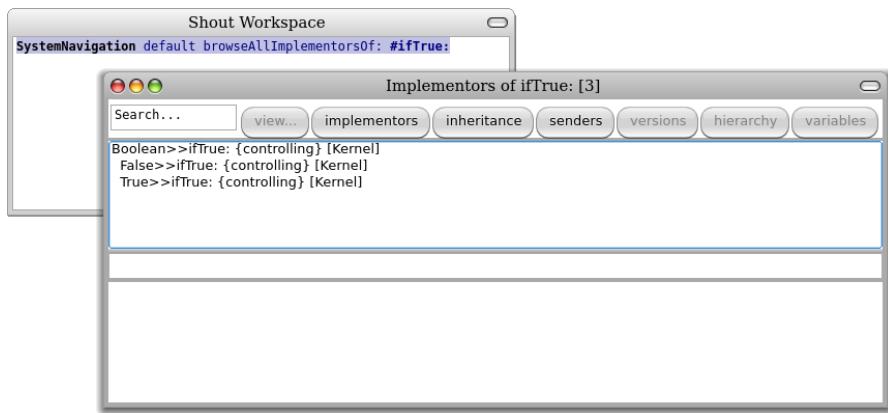


FIGURE 17.4 – Browse all implementations of `#ifTrue:`.

Particularly useful are the methods `browseAllSelect:` and `browseMethodsWithSourceString:.` Here are two different ways to browse all methods in the system that perform super sends (the first way is rather brute force ; the second way is better and eliminates some false positives) :

```
SystemNavigation default browseMethodsWithSourceString: 'super'.
```

```
SystemNavigation default browseAllSelect: [:method | method sendsToSuper ].
```

17.3 Classes, method dictionaries and methods

Since classes are objects, we can inspect or explore them just like any other object.

Evaluate Point explore.

In la figure 17.5, the explorer shows the structure of class `Point`. You can see that the class stores its methods in a dictionary, indexing them by their selector. The selector `#*` points to the decompiled bytecode of `Point»*`.

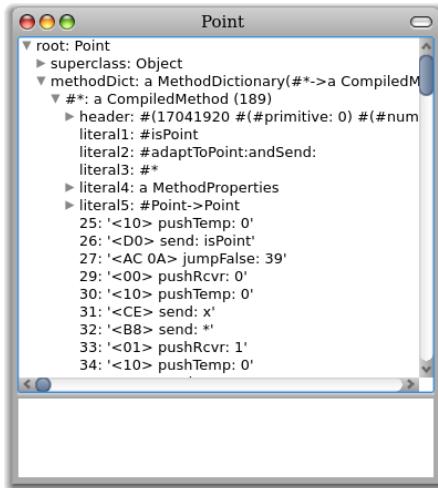


FIGURE 17.5 – Explorer class Point and the bytecode of its #* method.

Let us consider the relationship between classes and methods. In figure 17.6 we see that classes and metaclasses have the common superclass `Behavior`. This is where `new` is defined, amongst other key methods for classes. Every class has a method dictionary, which maps method selectors to compiled methods. Each compiled method knows the class in which it is installed. In figure 17.5 we can even see that this is stored in an association in `literal5`.

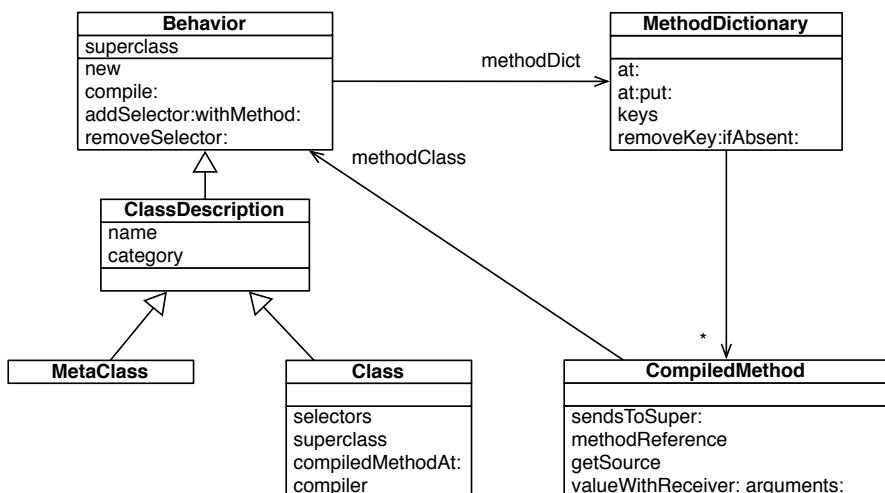


FIGURE 17.6 – Classes, method dictionaries and compiled methods

We can exploit the relationships between classes and methods to pose queries about the system. For example, to discover which methods are newly introduced in a given class, *c*-à-*d*. do not override superclass methods, we can navigate from the class to the method dictionary as follows :

```
[:aClass| aClass methodDict keys select: [:aMethod |  
  (aClass superclass canUnderstand: aMethod) not ]] value: SmallInteger  
  —→  an IdentitySet(#threeDigitName #printStringBase:nDigits: ...)
```

A compiled method does not simply store the bytecode of a method. It is also an object that provides numerous useful methods for querying the system. One such method is *isAbstract* (which tells if the method sends *subclassResponsibility*). We can use it to identify all the abstract methods of an abstract class

```
[:aClass| aClass methodDict keys select: [:aMethod |  
  (aClass>>aMethod) isAbstract ]] value: Number  
  —→  an IdentitySet(#storeOn:base: #printOn:base:#+ #- #* #/ ...)
```

Note that this code sends the *>>* message to a class to obtain the compiled method for a given selector.

As a slightly more complex example, we can browse

To browse the super-sends within a given hierarchy, for example within the Collections hierarchy, we can pose a more sophisticated query :

```
class := Collection.  
SystemNavigation default  
browseMessageList: (class withAllSubclasses gather: [:each |  
  each methodDict associations  
  select: [:assoc | assoc value sendsToSuper]  
  thenCollect: [:assoc | MethodReference class: each selector: assoc key]])  
name: 'Supersends of ', class name , ' and its subclasses'
```

Note how we navigate from classes to method dictionaries to compiled methods to identify the methods we are interested in. A *MethodReference* is a lightweight proxy for a compiled method that is used by many tools. There is a convenience method *CompiledMethod»methodReference* to return the method reference for a compiled method.

```
(Object>>#=) methodReference methodSymbol  —→  #=
```

17.4 Browsing environments

Although *SystemNavigation* offers some useful ways to programmatically query and browse system code, there is a better way. The Refactoring Browser,

which is integrated into Pharo, provides both interactive and programmatic ways to pose complex queries.

Suppose we are interested to discover which methods in the Collection hierarchy send a message to super which is different from the method's selector. This is normally considered to be a bad code smell, since such a super-send should normally be replaced by a self-send. (Think about it — you only *need* super to extend a method you are overriding; all other inherited methods can be accessed by sending to self!)

The refactoring browser provides us with an elegant way to restrict our query to just the classes and methods we are interested in.

 Open a browser on the class Collection. cliquer avec le bouton d'action on the class name and select refactoring scope>subclasses with. This will open a new Browser Environment on just the Collection hierarchy. Within this restricted scope select refactoring scope>super-sends to open a new environment with all methods that perform super-sends within the Collection hierarchy. Now cliquer on any method and select refactor>code critics. Navigate to Lint checks>Possible bugs>Sends different super message and cliquer avec le bouton d'action to select browse.

In la figure 17.7 we can see that 19 such methods have been found within the Collection hierarchy, including Collection>printNameOn:, which sends super printOn::

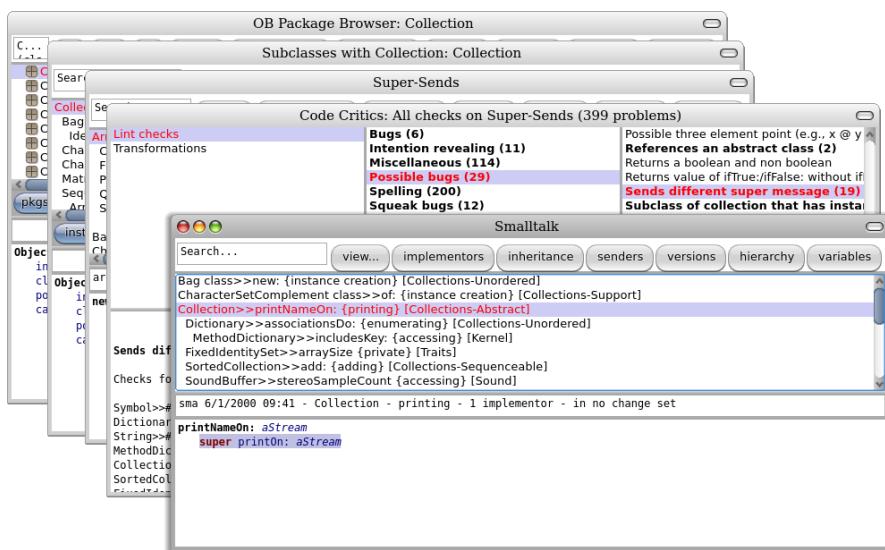


FIGURE 17.7 – Finding methods that send a different super message.

Browser environments can also be created programmatically. Here, for example, we create a new BrowserEnvironment for Collection and its subclasses, select the super-sending methods, and open the resulting environment.

```
((BrowserEnvironment new forClasses: (Collection withAllSubclasses))
    selectMethods: [:method | method sendsToSuper]
    label: 'Collection methods sending super';
    open.)
```

Note how this is considerably more compact than the earlier, equivalent example using SystemNavigation.

Finally, we can find just those methods that send a different super message programmatically as follows :

```
((BrowserEnvironment new forClasses: (Collection withAllSubclasses))
    selectMethods: [:method |
        method sendsToSuper
        and: [:(method parseTree superMessages includes: method selector) not!]]
    label: 'Collection methods sending different super';
    open.)
```

Here we ask each compiled method for its (Refactoring Browser) parse tree, in order to find out whether the super messages differ from the method's selector. Have a look at the *querying* protocol of the class RBProgramNode to see some of the things we can ask of parse trees.

17.5 Accessing the run-time context

We have seen how Smalltalk's reflective capabilities let us query and explore objects, classes and methods. But what about the run-time environment ?

Method contexts

In fact, the run-time context of an executing method is in the virtual machine — it is not in the image at all ! On the other hand, the debugger obviously has access to this information, and we can happily explore the run-time context, just like any other object. How is this possible ?

Actually, there is nothing magical about the debugger. The secret is the pseudo-variable `thisContext`, which we have encountered only in passing before. Whenever `thisContext` is referred to in a running method, the entire run-time context of that method is reified and made available to the image as a series of chained `MethodContext` objects.

We can easily experiment with this mechanism ourselves.

- Change the definition of Integer>>factorial by inserting the underlined expression as shown below :

```
Integer>>factorial
    "Answer the factorial of the receiver."
    self = 0 ifTrue: [thisContext explore. self halt. ↑ 1].
    self > 0 ifTrue: [↑ self * (self - 1) factorial].
    self error: 'Not valid for negative integers'
```

- Now evaluate 3 factorial in a workspace. You should obtain both a debugger window and an explorer, as shown in la figure 17.8.

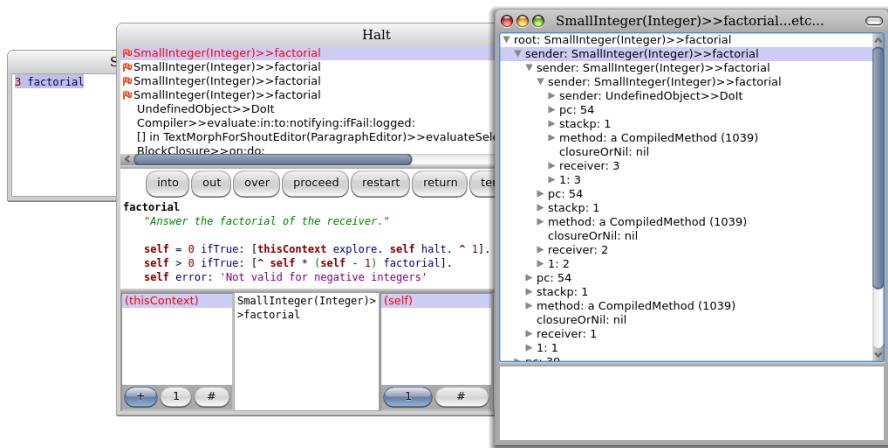


FIGURE 17.8 – Exploring thisContext.

Welcome to the poor-man's debugger ! If you now browse the class of the explored object (*c-à-d.* by evaluating `self browse` in the bottom pane of the explorer) you will discover that it is an instance of the class `MethodContext`, as is each sender in the chain.

`thisContext` is not intended to be used for day-to-day programming, but it is essential for implementing tools like debuggers, and for accessing information about the call stack. You can evaluate the following expression to discover which methods make use of `thisContext` :

```
SystemNavigation default browseMethodsWithSourceString: 'thisContext'
```

As it turns out, one of the most common applications is to discover the sender of a message. Here is a typical application :

Object»subclassName

*"This message sets up a framework for the behavior of the class' subclasses.
Announce that the subclass should have implemented this message."*

```
self error: 'My subclass should have overridden ', thisContext sender selector
printString
```

By convention, methods in Smalltalk that send `self subclassResponsibility` are considered to be abstract. But how does `Object»subclassName` provide a useful error message indicating which abstract method has been invoked? Very simply, by asking `thisContext` for the sender.

Intelligent breakpoints

The Smalltalk way to set a breakpoint is to evaluate `self halt` at an interesting point in a method. This will cause `thisContext` to be reified, and a debugger window will open at the breakpoint. Unfortunately this poses problems for methods that are intensively used in the system.

Suppose, for instance, that we want to explore the execution of `OrderedCollection»add:`. Setting a breakpoint in this method is problematic.

⌚ Take a fresh image and set the following breakpoint :

```
OrderedCollection»add: newObject
  self halt.
  ↑self addLast: newObject
```

Notice how your image immediately freezes! We do not even get a debugger window. The problem is clear once we understand that (i) `OrderedCollection»add:` is used by many parts of the system, so the breakpoint is triggered very soon after we accept the change, but (ii) *the debugger itself* sends `add:` to an instance of `OrderedCollection`, preventing the debugger from opening! What we need is a way to *conditionally halt* only if we are in a context of interest. This is exactly what `Object»haltIf:` offers.

Suppose now that we only want to halt if `add:` is sent from, say, the context of `OrderedCollectionTest»testAdd`.

⌚ Fire up a fresh image again, and set the following breakpoint :

```
OrderedCollection»add: newObject
  self haltIf : #testAdd.
  ↑self addLast: newObject
```

This time the image does not freeze. Try running the `OrderedCollectionTest`. (You can find it in the *CollectionsTests-Sequenceable* category.)

How does this work? Let's have a look at Object»haltIf: :

```
Object»haltIf: condition
| ctxt |
condition isSymbol ifTrue: [
    "only halt if a method with selector symbol is in callchain"
    ctxt := thisContext.
    [ctxt sender isNil] whileFalse: [
        ctxt := ctxt sender.
        (ctxt selector = condition) ifTrue: [Halt signal]. ].
    ↑self.
].
...
...
```

Starting from thisContext, haltIf: goes up through the execution stack, checking if the name of the calling method is the same as the one passed as parameter. If this is the case, then it raises an exception which, by default, summons the debugger.

It is also possible to supply a boolean or a boolean block as an argument to haltIf:, but these cases are straightforward and do not make use of thisContext.

17.6 Intercepting messages not understood

So far we have used the reflective features of Smalltalk mainly to query and explore objects, classes, methods and the run-time stack. Now we will look at how to use our knowledge of the Smalltalk system structure to intercept messages and modify behaviour at run-time.

When an object receives a message, it first looks in the method dictionary of its class for a corresponding method to respond to the message. If no such method exists, it will continue looking up the class hierarchy, until it reaches Object. If still no method is found for that message, the object will *send itself* the message doesNotUnderstand: with the message selector as its argument. The process then starts all over again, until Object»doesNotUnderstand: is found, and the debugger is launched.

But what if doesNotUnderstand: is overridden by one of the subclasses of Object in the lookup path? As it turns out, this is a convenient way of realizing certain kinds of very dynamic behaviour. An object that does not understand a message can, by overriding doesNotUnderstand:, fall back to an alternative strategy for responding to that message.

Two very common applications of this technique are (1) to implement lightweight proxies for objects, and (2) to dynamically compile or load missing code.

Lightweight proxies

In the first case, we introduce a “minimal object” to act as a proxy for an existing object. Since the proxy will implement virtually no methods of its own, any message sent to it will be trapped by `doesNotUnderstand:`. By implementing this message, the proxy can then take special action before delegating the message to the real subject it is the proxy for.

Let us have a look at how this may be implemented¹.

We define a `LoggingProxy` as follows :

```
ProtoObject subclass: #LoggingProxy
  instanceVariableNames: 'subject invocationCount'
  classVariableNames: ''
  poolDictionaries: ''
  category: 'PBE-Reflection'
```

Note that we subclass `ProtoObject` rather than `Object` because we do not want our proxy to inherit over 400 methods (!) from `Object`.

```
Object methodDict size —→ 408
```

Our proxy has two instance variables : the subject it is a proxy for, and a count of the number of messages it has intercepted. We initialize the two instance variables and we provide an accessor for the message count. Initially the subject variable points to the proxy object itself.

```
LoggingProxy»initialize
  invocationCount := 0.
  subject := self.
```

```
LoggingProxy»invocationCount
  ↑ invocationCount
```

We simply intercept all messages not understood, print them to the Transcript, update the message count, and forward the message to the real subject.

```
LoggingProxy»doesNotUnderstand: aMessage
  Transcript show: 'performing ', aMessage printString; cr.
  invocationCount := invocationCount + 1.
  ↑ aMessage sendTo: subject
```

Here comes a bit of magic. We create a new `Point` object and a new `LoggingProxy` object, and then we tell the proxy to become: the point object :

```
point := 1@2.
LoggingProxy new become: point.
```

1. You can also load `PBE-Reflection` from <http://www.squeaksource.com/PharoByExample/>

This has the effect of swapping all references in the image to the point to now refer to the proxy, and vice versa. Most importantly, the proxy's subject instance variable will now refer to the point!

```
point invocationCount → 0
point + (3@4) → 4@6
point invocationCount → 1
```

This works nicely in most cases, but there are some shortcomings :

```
point class → LoggingProxy
```

Curiously, the method `class` is not even implemented in `ProtoObject` but in `Object`, which `LoggingProxy` does not inherit from ! The answer to this riddle is that class is never sent as a message but is directly answered by the virtual machine.²

Even if we can ignore such special message sends, there is another fundamental problem which cannot be overcome by this approach : self-sends cannot be intercepted :

```
point := 1@2.
LoggingProxy new become: point.
point invocationCount → 0
point rect: (3@4) → 1@2 corner: 3@4
point invocationCount → 1
```

Our proxy has been cheated out of two self-sends in the `rect:` method :

```
Point»rect: aPoint
↑ Rectangle origin: (self min: aPoint) corner: (self max: aPoint)
```

Although messages can be intercepted by proxies using this technique, one should be aware of the inherent limitations of using a proxy. In la section 17.7 we will see another, more general approach for intercepting messages.

Generating missing methods

The other most common application of intercepting not understood messages is to dynamically load or generate the missing methods. Consider a

2. yourself is also never truly sent. Other messages that may be directly interpreted by the VM, depending on the receiver, include : + - < > <= >= = ~ = * / == @ bitShift: // bitAnd: bitOr: at: at:put: size next nextPut: atEnd blockCopy: value value: do: new new: x y. Selectors that are never sent, because they are inlined by the compiler and transformed to comparison and jump bytecodes : ifTrue: ifFalse: ifTrue:ifFalse: ifFalse:ifTrue: and: or: whileFalse: whileTrue: whileFalse whileTrue whileTrue to:do: to:by:do: caseOf: caseOf:otherwise: ifNil: ifNotNil: ifNil:ifNotNil: ifNotNil:ifNil: Attempts to send these messages to non-boolean objects can be intercepted and execution can be resumed with a valid boolean value by overriding `mustBeBoolean` in the receiver or by catching the `NonBooleanReceiver` exception.

very large library of classes with many methods. Instead of loading the entire library, we could load a stub for each class in the library. The stubs know where to find the source code of all their methods. The stubs simply trap all messages not understood, and dynamically load the missing methods on-demand. At some point, this behaviour can be deactivated, and the loaded code can be saved as the minimal necessary subset for the client application.

Let us look at a simple variant of this technique where we have a class that automatically adds accessors for its instance variables on-demand :

```
DynamicAccessors»doesNotUnderstand: aMessage
| messageName |
messageName := aMessage selector asString.
(self class instVarNames includes: messageName)
ifTrue: [
    self class compile: messageName, String cr, '↑ ', messageName.
    ↑ aMessage sendTo: self].
↑ super doesNotUnderstand: aMessage
```

Any message not understood is trapped here. If an instance variable with the same name as the message sent exists, then we ask our class to compile an accessor for that instance variables and we re-send the message.

Suppose the class `DynamicAccessors` has an (uninitialized) instance variable `x` but no pre-defined accessor. Then the following will generate the accessor dynamically and retrieve the value :

```
myDA := DynamicAccessors new.
myDA x → nil
```

Let us step through what happens the first time the message `x` is sent to our object (see la figure 17.9).

(1) We send `x` to `myDA`, (2) the message is looked up in the class, and (3) not found in the class hierarchy. (4) This causes `self doesNotUnderstand: #x` to be sent back to the object, (5) triggering a new lookup. This time `doesNotUnderstand:` is found immediately in `DynamicAccessors`, (6) which asks its class to compile the string '`x ↑ x`'. The `compile` method is looked up (7), and (8) finally found in `Behavior`, which (9-10) adds the new compiled method to the method dictionary of `DynamicAccessors`. Finally, (11-13) the message is resent, and this time it is found.

The same technique can be used to generate setters for instance variables, or other kinds of boilerplate code, such as visiting methods for a `Visitor`.

Note the use of `Object»perform:` in step (13) which can be used to send messages that are composed at run-time :

5 perform: #factorial	→ 120
6 perform: ('fac', 'orial') asSymbol	→ 720

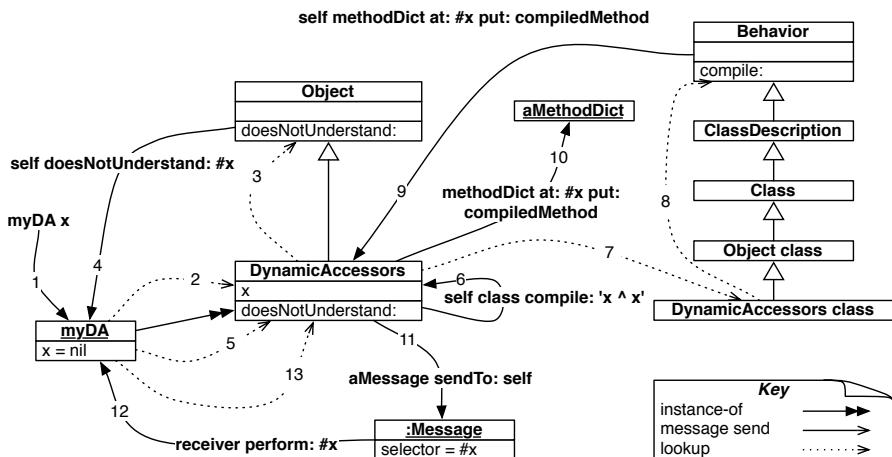


FIGURE 17.9 – Dynamically creating accessors.

```
4 perform: #max: withArguments: (Array with: 6) → 6
```

17.7 Objects as method wrappers

We have already seen that compiled methods are ordinary objects in Smalltalk, and they support a number of methods that allow the programmer to query the run-time system. What is perhaps a bit more surprising, is that *any object* can play the role of a compiled method. All it has to do is respond to the method `run:with:in:` and a few other important messages.

❶ Define an empty class `Demo`. Evaluate `Demo new answer42` and notice how the usual “Message Not Understood” error is raised.

Now we will install a plain Smalltalk object in the method dictionary of our `Demo` class.

❷ Evaluate `Demo methodDict at: #answer42 put: ObjectsAsMethodsExample new`. Now try again to print the result of `Demo new answer42`. This time we get the answer 42.

If we take look at the class `ObjectsAsMethodsExample` we will find the following methods :

```
answer42
```

```
↑42
```

```
run: oldSelector with: arguments in: aReceiver
↑self perform: oldSelector withArguments: arguments
```

When our Demo instance receives the message answer42, method lookup proceeds as usual, however the virtual machine will detect that in place of a compiled method, an ordinary Smalltalk object is trying to play this role. The VM will then send this object a new message run:with:in: with the original method selector, arguments and receiver as arguments. Since ObjectsAsMethodsExample implements this method, it intercepts the message and delegates it to itself.

We can now remove the fake method as follows :

```
Demo methodDict removeKey: #answer42 ifAbsent: []
```

If we take a closer look at ObjectsAsMethodsExample, we will see that its superclass also implements the methods flushcache, methodClass: and selector:, but they are all empty. These messages may be sent to a compiled methods, so they need to be implemented by an object pretending to be a compiled method. (flushcache is the most important method to be implemented ; others may be required depending on whether the method is installed using Behavior »addSelector:withMethod: or directly using MethodDictionary»at:put:.)

Using methods wrappers to perform test coverage

Method wrappers are a well-known technique for intercepting messages³. In the original implementation⁴, a method wrapper is an instance of a subclass of CompiledMethod. When installed, a method wrapper can perform special actions before or after invoking the original method. When uninstalled, the original method is returned to its rightful position in the method dictionary.

In Pharo, method wrappers can be implemented more easily by implementing run:with:in: instead of by subclassing CompiledMethod. In fact, there exists a lightweight implementation of objects as method wrappers⁵, but it is not part of standard Pharo at the time of this writing.

Nevertheless, the Pharo Test Runner uses precisely this technique to evaluate test coverage. Let's have a quick look at how it works.

3. John Brant *et al.*, Wrappers to the Rescue. dans Proceedings European Conference on Object Oriented Programming (ECOOP'98). Volume 1445, Springer-Verlag 1998.

4. <http://www.squeaksource.com/MethodWrappers.html>

5. <http://www.squeaksource.com/ObjectsAsMethodsWrap.html>

The entry point for test coverage is the method `TestRunner»runCoverage` :

```
TestRunner»runCoverage
| packages methods |
... "identify methods to check for coverage"
self collectCoverageFor: methods
```

The method `TestRunner»collectCoverageFor:` clearly illustrates the coverage checking algorithm :

```
TestRunner»collectCoverageFor: methods
| wrappers suite |
wrappers := methods collect: [ :each | TestCoverage on: each ].
suite := self
    reset;
    suiteAll.
[ wrappers do: [ :each | each install ].
[ self runSuite: suite ] ensure: [ wrappers do: [ :each | each uninstall ] ] ]
    valueUnpreemptively.
wrappers := wrappers reject: [ :each | each hasRun ].
wrappers isEmpty
    ifTrue:
        [ UIManager default inform: 'Congratulations. Your tests cover all code under
analysis.' ]
    ifFalse: ...
```

A wrapper is created for each method to be checked, and each wrapper is installed. The tests are run, and all wrappers are uninstalled. Finally the user obtains feedback concerning the methods that have not been covered.

How does the wrapper itself work ? The `TestCoverage` wrapper has three instance variables, `hasRun`, `reference` and `method`. They are initialized as follows :

```
TestCoverage class»on: aMethodReference
↑ self new initializeOn: aMethodReference

TestCoverage»initializeOn: aMethodReference
hasRun := false.
reference := aMethodReference.
method := reference compiledMethod
```

The `install` and `uninstall` methods simply update the method dictionary in the obvious way :

```
TestCoverage»install
reference actualClass methodDictionary
at: reference methodSymbol
put: self
```

```
TestCoverage»uninstall
    reference actualClass methodDictionary
        at: reference methodSymbol
        put: method
```

and the `run:with:in:` method simply updates the `hasRun` variable, uninstalls the wrapper (since coverage has been verified), and resends the message to the original method

```
run: aSelector with: anArray in: aReceiver
    self mark; uninstall.
    ↑ aReceiver withArgs: anArray executeMethod: method

mark
hasRun := true
```

(Have a look at `ProtoObject»withArgs:executeMethod:` to see how a method displaced from its method dictionary can be invoked.)

That's all there is to it !

Method wrappers can be used to perform any kind of suitable behaviour before or after the normal operation of a method. Typical applications are instrumentation (collecting statistics about the calling patterns of methods), checking optional pre- and post-conditions, and memoization (optionally cacheing computed values of methods).

17.8 Pragmas

A *pragma* is an annotation that specifies data about a program, but is not part of the program itself. Pragmas have no direct effect on the operation of the method they annotate. Pragmas have a number of uses, among them :

- Information for the compiler : pragmas can be used by the compiler to make a method call a primitive function. This function has to be defined by the virtual machine or by an external plugging.
- Runtime processing : Some pragmas are available to be examined at runtime.

Pragmas can be applied to a program's method declarations only. A method may declare one or more pragmas, and the pragmas have to be declared prior any Smalltalk statement. Each pragma is in effect a static message send with literal arguments.

We briefly saw pragmas when we introduced primitives earlier in this chapter. A primitive is nothing more than a pragma declaration. Consider `<primitive: 73>` as contained in `instVarAt:`. The pragma's selector is `primitive:` and its arguments is an immediate literal value, 73.

Beside the compiler, Lint is a heavy user of pragmas. Lint is a static code analyzer that flags suspicious, non-portable constructs and code that is likely to contain bugs. It may happen that a method needs to be excluded from Lint analysis. This is the case here :

```
MorphObjectOut»doesNotUnderstand: aMessage
    "Bring in the object, install, then resend aMessage"
    "Transcript show: thisContext sender selector; cr."
    "useful for debugging"

<lint : 'Unnecessary "=" true'" rationale : 'recursionFlag may be nil' author :
'stephane.ducasse'>
...

```

One of the pragmas used by Lint to filter out methods is `lint:rationale:author:`.

As instances of the class Pragma, pragmas are first class objects. A compiled method answers to the message pragmas. This method returns an array of pragmas.

```
(MorphObjectOut»#doesNotUnderstand:) pragmas
    → an Array(<lint: 'Unnecessary "=" true'" rationale: 'recursionFlag may be nil'
        author: 'stephane.ducasse'>)
(Float>>#+) pragmas → an Array(<primitive: 41>)
```

Methods defining a particular query may be retrieved from a class.

```
Pragma allNamed: #lint:rationale:author: in: MorphObjectOut → an Array(<lint:
    Unnecessary "=" true'" rationale: 'recursionFlag may be nil' author: 'stephane.
    ducasse'>)
```

A variant of `allNamed:in:` may be found on the class side of Pragma.

A pragma knows in which method it is defined (using method), the name of the method (selector), the class that contains the method (methodClass), its number of arguments (numArgs), about the literals the pragma has for arguments (hasLiteral: and hasLiteralSuchThat:).

17.9 Chapter summary

Reflection refers to the ability to query, examine and even modify the metaobjects of the run-time system as ordinary objects.

- The Inspector uses `instVarAt:` and related methods to query and modify “private” instance variables of objects.
- `Send Behavior»allInstances` to query instances of a class.
- The messages class, `isKindOf:`, `respondsTo:` etc are useful for gathering metrics or building development tools, but they should be avoided in

regular applications : they violate the encapsulation of objects and make your code harder to understand and maintain.

- SystemNavigation is a utility class holding many useful queries for navigation and browsing the class hierarchy. For example, use SystemNavigation default browseMethodsWithSourceString: 'pharo'. to find and browse all methods with a given source string. (Slow, but thorough!)
- Every Smalltalk class points to an instance of MethodDictionary which maps selectors to instances of CompiledMethod. A compiled method knows its class, closing the loop.
- MethodReference is a lightweight proxy for a compiled method, providing additional convenience methods, and used by many Smalltalk tools.
- BrowserEnvironment, part of the Refactoring Browser infrastructure, offers a more refined interface than SystemNavigation for querying the system, since the result of a query can be used as the scope of a new query. Both GUI and programmatic interfaces are available.
- thisContext is a pseudo-variable that reifies the run-time stack of the virtual machine. It is mainly used by the debugger to dynamically construct an interactive view of the stack. It is also especially useful for dynamically determining the sender of a message.
- Intelligent breakpoints can be set using haltIf:, taking a method selector as its argument. haltIf: halts only if the named method occurs as a sender in the run-time stack.
- A common way to intercept messages sent to a given target is to use a “minimal object” as a proxy for that target. The proxy implements as few methods as possible, and traps all message sends by implementing doesNotUnderstand:. It can then perform some additional action and then forward the message to the original target.
- Send become: to swap the references of two objects, such as a proxy and its target.
- Beware, some messages, like class and yourself are never really sent, but are interpreted by the VM. Others, like +, - and ifTrue: may be directly interpreted or inlined by the VM depending on the receiver.
- Another typical use for overriding doesNotUnderstand: is to lazily load or compile missing methods.
- doesNotUnderstand: cannot trap self-sends.
- A more rigorous way to intercept messages is to use an object as a method wrapper. Such an object is installed in a method dictionary in place of a compiled method. It should implement run:with:in: which is sent by the VM when it detects an ordinary object instead of a compiled method in the method dictionary. This technique is used by the SUnit Test Runner to collect coverage data.

Septième partie

Annexes

Annexe A

Foire Aux Questions

A.1 Prémices

FAQ 1 *Où puis-je trouver la dernière version de Pharo ?*

Réponse <http://pharo-project.org>

FAQ 2 *Quelle image de Pharo devrais-je utiliser avec ce livre ?*

Réponse Vous pouvez utiliser n'importe quelle image de Pharo mais nous vous recommandons d'utiliser l'image préparée sur le site web de Pharo par l'exemple : <http://pharo-project.org/PharoParLExemple>. Vous risqueriez d'avoir des comportements surprenants lors de la saisie des exercices en utilisant une autre image.

A.2 Collections

FAQ 3 *Comment puis-je trier une OrderedCollection ?*

Réponse Envoyez le message suivant asSortedCollection.

```
#(7 2 6 1) asSortedCollection → a SortedCollection(1 2 6 7)
```

FAQ 4 *Comment puis-je convertir une collection de caractères en une chaîne de caractères String ?*

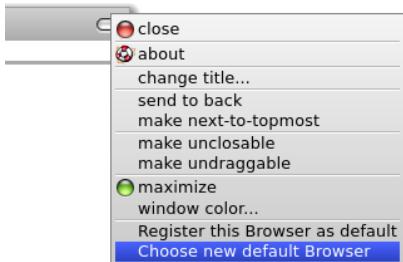
Réponse

```
String streamContents: [:str | str nextPutAll: 'hello' asSet] —→ 'hleo'
```

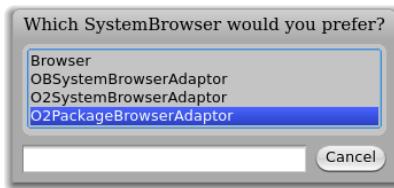
A.3 Naviguer dans le système

FAQ 5 *Le navigateur de classes ne ressemble pas à celui décrit dans le livre. Que se passe-t-il ?*

Réponse Vous utilisez probablement une image disposant d'une version différente d'OmniBrowser (abrégé en OB) installé comme Browser par défaut. Dans ce livre, nous présumons que le navigateur OmniBrowser Package Browser (navigateur par paquetages) est installé par défaut. Vous pouvez changer cela en cliquant sur la bulle grise à droite de la barre de titre du navigateur, puis en sélectionnant dans le menu du Browser "Choose new default Browser" (en français, *choisissez le nouveau Browser par défaut*). Dans la liste de navigateurs proposée, cliquez sur O2PackageBrowserAdaptor. Le prochain navigateur de classes que vous ouvrirez sera le Package Browser.



(a) Choisir un nouveau Browser.



(b) Sélectionnez l'OB Package Browser

FIGURE A.1 – Changer le navigateur de classes par défaut.

FAQ 6 *Comment puis-je chercher une classe ?*

Réponse CMD–b (pour *browse c-à-d.* parcourir à l'aide du navigateur de classes) sur le nom de la classe ou CMD–f dans le panneau des catégories du Browser.

FAQ 7 *Comment puis-je trouver/naviguer dans tous les envois à super ?*

Réponse La deuxième solution est la plus rapide :

```
SystemNavigation default browseMethodsWithSourceString: 'super'.
SystemNavigation default browseAllSelect: [:method | method sendsToSuper ].
```

SystemNavigation

FAQ 8 Comment puis-je naviguer au travers de tous les envois de messages à super dans une hiérarchie ?

Réponse

```
browseSuperSends:= [:aClass | SystemNavigation default
  browseMessageList: (aClass withAllSubclasses gather: [:each |
    (each methodDict associations
      select: [:assoc | assoc value sendsToSuper ])
      collect: [:assoc | MethodReference class: each selector: assoc key ]])
    name: 'Supersends of ', aClass name , ' and its subclasses'].
browseSuperSends value: OrderedCollection.
```

FAQ 9 Comment puis-je découvrir quelles sont les nouvelles méthodes implémentées dans une classe ?

Réponse Dans le cas présent nous demandons quelles sont les nouvelles méthodes introduites par True :

```
newMethods:= [:aClass| aClass methodDict keys select:
  [:aMethod | (aClass superclass canUnderstand: aMethod) not ]].
newMethods value: True   —→  an IdentitySet(#asBit)
```

FAQ 10 Comment puis-je trouver les méthodes d'une classe qui sont abstraites ?

Réponse

```
abstractMethods:=
  [:aClass | aClass methodDict keys select:
    [:aMethod | (aClass>>aMethod) isAbstract ]].
abstractMethods value: Collection   —→  an IdentitySet(#remove:ifAbsent: #add: #do:)
```

FAQ 11 Comment puis-je créer une vue de l'arbre syntaxique abstrait ou AST d'une expression ?

Réponse Charger le paquetage AST depuis <http://squeaksource.com>. Ensuite évaluer :

```
(RBParser parseExpression: '3+4') explore
```

(D'autre part *explorer le.*) RBParser

FAQ 12 *Comment puis-je trouver tout les traits dans le système ?*

Réponse

```
Smalltalk allTraits
```

FAQ 13 *Comment puis-je trouver quelles classes utilisent les traits ?*

Réponse

```
Smalltalk allClasses select: [:each | each hasTraitComposition ]
```

A.4 Utilisation de Monticello et de SqueakSource

FAQ 14 *Comment puis-je charger un projet du SqueakSource ?*

Réponse

1. Trouvez le projet que vous souhaitez sur <http://squeaksource.com>
2. Copiez le code d'enregistrement
3. Sélectionnez `open > Monticello browser`
4. Sélectionnez `+Repository > HTTP`
5. Collez et acceptez le code d'enregistrement ; entrez votre mot de passe
6. Sélectionnez le nouveau dépôt et ouvrez-le avec le bouton `Open`
7. Sélectionnez et chargez la version la plus récente

FAQ 15 *Comment puis-je créer un projet SqueakSource ?*

Réponse

1. Allez à <http://squeaksource.com>
2. Enregistrez-vous comme un nouveau membre
3. Enregistrez un projet (nom = catégorie)
4. Copiez le code d'enregistrement
5. `open > Monticello browser`
6. `+Package` pour ajouter une catégorie
7. Sélectionnez le package
8. `+Repository > HTTP`
9. Collez et acceptez le code d'enregistrement ; entrez votre mot de passe
10. `Save` pour enregistrer la première version

FAQ 16 *Comment puis-je étendre Number avec la méthode Number»chf tel que Monticello la reconnaissent comme étant une partie de mon projet Money ?*

Réponse Mettez-la dans une catégorie de méthodes nommée `*Money`. Monticello réunit toutes les méthodes dont les noms de catégories ont la forme `*package` et les insére dans votre package.

A.5 Outils

FAQ 17 *Comment puis-je ouvrir de manière pragmatique le SUnit TestRunner ?*

Réponse Évaluez `TestRunner open`.

FAQ 18 *Où puis-je trouver le Refactoring Browser ?*

Réponse Chargez le paquetage AST puis le moteur de refactorisation sur le site <http://squeaksource.com> :

<http://www.squeaksource.com/AST>

<http://www.squeaksource.com/RefactoringEngine>

FAQ 19 *Comment puis-je enregistrer le navigateur comme navigateur par défaut ?*

Réponse Cliquez sur l'icône du menu situé en haut à gauche de la fenêtre Browser à côté de la croix de destruction de la fenêtre. Choisissez `Register this Browser as default` pour enregistrer le navigateur courant comme navigateur par défaut ou bien, sélectionnez `Choose new default Browser` pour obtenir un menu flottant d'où vous pourrez faire votre choix parmi les différentes classes de Browser.

A.6 Expressions régulières et analyse grammaticale

FAQ 20 *Où est la documentation pour le paquetage RegEx ?*

Réponse Regardez dans le protocole DOCUMENTATION de RxParser class situé dans la catégorie VB-Regex.

FAQ 21 *Y a-t'il des outils pour l'écriture d'un outil d'analyse grammaticale ?*

Réponse Utilisez SmaCC — le compilateur de compilateur (ou générateur de compilateur)¹ Smalltalk. Vous devrez installer au moins SmaCC-lr.13. Chargez-le depuis <http://www.squeaksource.com/SmaccDevelopment.html>. Il y a un bon tutoriel en ligne à l'adresse : <http://www.refactory.com/Software/SmaCC/Tutorial.html>

FAQ 22 *Quels paquetages devrais-je charger depuis SqueakSource SmaccDevelopment pour écrire un analyseur grammatical ?*

Réponse Chargez la dernière version de SmaCCDev — le lanceur de programme est déjà actif. (Attention : SmaCC-Development est destiné à la version 3.8 de Squeak)

1. En anglais, Compiler-Compiler.

Bibliographie

- Sherman R. Alpert, Kyle Brown et Bobby Woolf:** The Design Patterns Smalltalk Companion. Addison Wesley, 1998, ISBN 0-201-18462-1
- Kent Beck:** Smalltalk Best Practice Patterns. Prentice-Hall, 1997
- Kent Beck:** Test Driven Development : By Example. Addison-Wesley, 2003, ISBN 0-321-14653-0
- John Brant et al.:** Wrappers to the Rescue. dans Proceedings European Conference on Object Oriented Programming (ECOOP'98). Volume 1445, Springer-Verlag 1998, 396–417
- Erich Gamma et al.:** Design Patterns : Elements of Reusable Object-Oriented Software. Reading, Mass.: Addison Wesley, 1995, ISBN 0-201-63361-2–(3)
- Adele Goldberg et David Robson:** Smalltalk 80 : the Language and its Implementation. Reading, Mass.: Addison Wesley, mai 1983, ISBN 0-201-13688-0
- Dan Ingalls et al.:** Back to the Future : The Story of Squeak, a Practical Smalltalk Written in Itself. dans Proceedings of the 12th ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications (OOPSLA'97). ACM Press, novembre 1997 (URL: <http://www.cosc.canterbury.ac.nz/~wolfgang/cosc205/squeak.html>), 318–326
- Wilf LaLonde et John Pugh:** Inside Smalltalk : Volume 1. Prentice Hall, 1990, ISBN 0-13-468414-1
- Alec Sharp:** Smalltalk by Example. McGraw-Hill, 1997 (URL: <http://stephane.ducasse.free.fr/FreeBooks/ByExample/>)
- Bobby Woolf:** Null Object. dans **Robert Martin, Dirk Riehle et Frank Buschmann (éd.):** Pattern Languages of Program Design 3. Addison Wesley, 1998, 5–18

Index

- *[,] voir paquetage, dirty package
- :=[,] voir affectation
- ;[,] voir cascade
- [][,] voir bloc
- #()[,] voir littéral, tableau
- #[,] voir littéral, symbole
- égalité, voir Object, égalité
- écriture en chameau, 130
- énumération, voir itération
- événement
 - clavier, 252
 - souris, 252
- _[,] voir affectation
- .[,] voir expression, séparateur
- ==[,] voir Object, identité
- =[,] voir Object, égalité
- >>[,] voir Behavior, >>
- become:[,] voir ProtoObject»become:
- SqueakSource, 51
- { }[,] voir tableau, dynamique
- ↑[,] voir renvoi
- accès, 87
- accept it, voir raccourci-clavier, accept
- accesseur, voir méthode d'accès
- accessing (protocole), 44, 88, 204
- accessing untypeable characters (protocole), 195
- accessor, 44
- activation context, 389
- ActiveHand (globale), 108
- adding (protocole), 204
- affectation, 58, 99
- AJAX, 349
- all (protocole), 35, 41, 116, 127
- AlphaBlendingCanvas
- (classe), 263
- ANSI Smalltalk, 379
- ANSI standard, 392
- Apache, 309
- Array
 - (classe), 203–208
 - at:[,] 208, 209
 - at:put:[,] 208, 209
 - copy, 209
 - dynamique, voir tableau, dynamique
 - littéral, voir littéral, tableau
- Array (classe), 205
- Array class
 - new:[,] 208
 - with:[,] 208
- as yet unclassified (protocole), 41
- association, voir Object, ->
- AST, 437
- at:[,] voir Collection, at:
- at:put:[,] voir Collection, at:put:
- attribut, voir variable d'instance
- Bag
 - (classe), 203, 204, 212
- Bag (classe), 206
- BalloonCanvas
 - (classe), 263
- Beck, Kent, 102, 161
- Behavior
 - >>, 27, 41
 - (classe), 98, 270, 275, 277, 281
 - addSelector:withMethod:, 428
 - addSubclass:, 278
 - allInstances, 278, 414
 - allInstVarNames, 273, 414

allSelectors, 278, 414
 allSubclasses, 414
 allSubInstances, 414
 allSuperclasses, 273, 414
 basicNew, 278
 basicNew:, 278
 canUnderstand:, 278
 compiledMethodAt:, 278
 crossReference, 415
 hasMethods, 278
 includesSelector, 278
 inheritsFrom:, 278
 instanceCount, 414
 instVarNames, 273, 278, 414
 isVariable, 278
 methodDict, 418
 new, 65, 190, 276, 278, 417
 new:, 65, 278
 selectors, 273, 278, 414
 someInstance, 414
 subclasses, 278, 414
 superclass, 271, 278
 superclass:, 278
 unreferencedInstanceVariables, 415
 whichClassIncludesSelector:, 415
 whichSelectorsAccess:, 415
 whichSelectorsReferTo:, 415
 whichSelectorsStoreInto:, 415

Behavior Driven Development, voir *Test Driven Development*
behavioural reflection, 410
Bitmap
 (classe), 201
bloc, 56, 58, 61, 79, 169, 188
block closure, voir *bloc*
BlockClosure
 (classe), 59, 63
 ensure:, 380
 ifCurtailed:, 381
 on :do :, 389
 on:do:, 382, 400
 value, 61
 value:, 62
 value:value:, 62
 valueWithArguments:, 62
 whileFalse:, 63
 whileTrue:, 63

Blue Book, 201
Bonzini, Paolo, 407

Boolean
 &, 198
 (classe), 20, 21, 58, 187–190, 197
 and:, 198
 ifFalse:, 63, 198
 ifFalse:ifTrue, 198
 ifTrue:, 63, 198
 ifTrue:ifFalse:, 63, 197

BorderedMorph
 (classe), 38, 259
 fullPrintOn:, 104

boucle, voir *itération*
bouton bleu, 5, 7, 140, 159, 242, 247
bouton jaune, 5, 7, 16, 21, 25, 34, 41, 43, 48,
 125, 126, 135, 137, 140, 151, 153,
 154, 157, 243
bouton rouge, 5–7, 29, 140, 142, 243
branch, 293
breakpoint, 388
Browser, 89, 114, voir *navigateur de classes*, 115, 118
 (classe), 182
bouton
 class vars, 124
 inst vars, 124
 browse, 119
 côté classe, 89, 90, 92, 93, 111
 côté instance, 89, 90, 92
 côté classe, 270, 274
 hierarchy, 120
 implementors, 121
 senders, 119, 121
 variables, 124
 versions, 121
browser, voir *System Browser*
 hierarchy button, 124

BrowserEnvironment
 (classe), 420

brushes, 329
Bryant, Avi, 319
Bykov, Vassili, 197, 355, 375

ByteArray
 (classe), 237

bytecode, 416

ByteString
 (classe), 142, 196, 214

C, 389

C++, 67, 71, 87, 90, 93

CamelCase, voir écriture en chameau
camelCase, 56
CannotDeleteFileNotFoundException
(classe), 385
Canvas
(classe), 247, 263
asAlphaBlendingCanvas:, 263
canvas, voir html canvas
cascade, 58, 60, 80, 221, 331
Cascading Style Sheets, voir CSS
catégorie, 18
création, 32
exportation de fichier, voir fichier,
exportation
importation de fichier, voir fichier,
importation
catégorie de classe, voir catégorie
système
catégorie système, voir catégorie
chaîne de caractères, voir String
change set, voir fichier, exportation
Change Set Browser, 153
changes, 4, 9
Character
(classe), 23, 57, 96, 187, 192, 194, 214
asString, 195
asUppercase, 23
isAlphaNumeric, 195
isCharacter, 195
isDigit, 195
isLowercase, 195
isVowel, 64, 195
printOn:, 195
printString, 195
Character class
backspace, 195
cr, 111, 195
escape, 195
euro, 195
space, 57, 195
tab, 57, 195
value:, 195
CharacterArray
(classe), 205
CharacterTable (variable de classe), 195
Class
(classe), 270, 275, 278, 281
addClassVarName:, 278
addSharedPool:, 278
initialize, 278
subclasses, 273
ClassDescription
(classe), 275, 278
linesOfCode, 414
classe
abstraite, 95, 189, 197
commentaire, 21, 34
création, 33, 118, voir Browser,
définir une classe
exportation de fichier, voir fichier,
exportation
importation de fichier, voir fichier,
importation
initialisation, 110
invariant, 191
méthode, 89, 90, 93
récente, 127
recherche, 20, 127
trouver, voir classe, recherche
variable, 56, 107–109
variable d’instance, 89
variables d’instance
variables d’instance de classe, 91
classe abstraite, voir classe, abstraite
clause conditionnelle, 63
clavier
événement, voir événement, clavier
raccourci-clavier, voir
raccourci-clavier
code smell, 419
Collection
(classe), 201, 420
à liaison faible, 206
add:, 206
addAll:, 207
asOrderedCollection, 210
asSet, 212
asSortedCollection, 213, 435
at:, 206
at:put:, 206
collect:, 64, 203, 206, 218
count, 220
detect:, 64
detect:ifNone:, 203, 220
do:, 64, 174, 203, 206, 217, 219
do:separatedBy:, 218
do:without:, 217
erreurs courantes, 221

include:, 206
 includes:, 203, 213, 221
 inject:into:, 64, 203, 220
 intersection:, 213
 isEmpty, 203, 206
 itération, 217
 occurrencesOf:, 203
 opérateur virgule, 28, 214, 215, 231
 Pluggable, 205
 reject:, 64, 203, 220
 remove:, 189, 206, 221
 select:, 64, 203, 206, 219
 size, 206
 tri, voir Collection, asSortedCollection
 union:, 213
 weak, 206

Collection class

- new:, 206
- newFrom:, 207
- with:, 206, 207
- with:with:, 207
- withAll:, 207

Collection, itération, voir itération

Collections-Strings (catégorie), 194, 195

Color

- (classe), 90, 109, 244, 270–272
- alpha:, 271
- name, 110
- printOn:, 182

Color class

- (classe), 272
- blue, 90, 271, 274
- colorNames, 110
- initialize, 111
- initializeNames, 110
- showColorCube, 90

ColorNames (variable de classe), 110

commentaire, 57

comparaison (protocole), 197

compiled methods, 417

CompiledMethod

- (classe), 201
- methodReference, 418
- pragmas, 431

Complex

- =, 185
- (classe), 192
- hash, 185

constructeur-raccourci, 197

constructeurs, 192

contexte d'exécution, 46

ContextPart

- handleSignal:, 390

converting (protocole), 204

copie, voir Object, copy

copie profonde, voir Object, deepCopy

copie superficielle, voir Object, shallowCopy

CR (globale), 111

création (protocole), 95

creation (protocole), 204

CrossMorph

- (classe), 247

CSS, 320, 322, 331, 334

CVS, 48, 285

désapprobation, voir deprecation

débogueur, 45, 140, 188

définition de variable à la volée, 39

définition de variable d'instance, 39

développement agile, 161

développement dirigé par le comportement, voir Test Driven Development

développement dirigé par les tests, 161

développement orienté tests, voir Test Driven Development

Dabble DB, 319

debug (protocole), 188

Debugger, 27, voir débogueur, 114, 140

debugger, 420, 422

dependents (protocole), 116

Deprecation

- (classe), 395

deprecation, 188

deprecation (pattern), 395

Dictionary

- (classe), 185, 189, 203, 204, 206, 211
- associationsDo:, 218
- at:, 210
- at:ifAbsent:, 210
- at:put:, 210
- do:, 218
- keys, 210
- keysDo:, 218
- removeKey:, 189
- values, 210
- valuesDo:, 218

- Dictionary class
 - newFrom:, 207
 - withAll:, 207
- dictionnaire
 - clé, voir Dictionary, keys
 - surcharger = et hash, 211, 222
 - valeur, voir Dictionary, values
- dictionnaire de pool, voir variable, pool
- DieMorph
 - (classe), 259
- dirty package, voir paquetage, dirty package
- do:, voir Collection, do:
- download, 435
- Duration
 - (classe), 139, 192
- dynamique
 - tableau, voir tableau, dynamique
- EllipseMorph
 - (classe), 257
 - defaultColor, 101
- enumerating (protocole), 204, 218
- Error (classe), 381
- espace d'encapsulation, 87
- est un, 271, 275
- Euclide, 286
- EventSensor
 - (classe), 107
- exécuteur de tests, 166
- Exception
 - (classe), 379, 388, 396
 - isResumable, 404
 - nextHandlerContext, 402
 - outer, 399
 - pass, 398
 - resume:, 393
 - retry, 392
 - retryUsing:, 392
 - return:, 392
 - signal, 390, 402
- exception
 - handler, 389
 - handling, 391
 - resending, 398
 - resumable, 388
 - resuming execution, 393
 - retrying, 392
- exception handler, 379
- Exception handling, 382
- ExceptionSet
 - (classe), 400
- explorateur, 15, 140
- Explorer, voir explorateur, 140
- explorer, 416
- exposant, 57
- expression
 - séparateur, 60, 80
- expression lambda, 203
- extension, voir méthode, extension
- extension de classe, 300, 314
- extension de package, voir paquetage, extension
- extension de paquetage, voir paquetage, extension
- extensions de classes, 290
- eXtreme Programming, 161, 164
- False
 - (classe), 58, 197
 - ifTrue:, 198
- false (pseudo-variable), 55, 58
- Feathers, Michael, 178
- fermeture lexicale, voir bloc fichier
 - change set, 153
 - changes, 4, 158
 - exportation, 48, 114, 127, 154
 - filming in, 127
 - filming out, 127, 131
 - filming-in, voir fichier, importation
 - filming-out, voir fichier, exportation, 154
 - image, 4
 - importation, 48, 127
 - navigation, voir File List Browser
 - source, 4
- fichier-source, voir fichier, source
- File List Browser, 155
- FileDirectory
 - newFileName:, 383
 - oldFileName:, 383
- FileDirectory (classe), 383
- FileDoesNotExistException
 - (classe), 385
- FileExistsException
 - (classe), 385
- FileStream

(classe), 201, 236
 binary, 237
 close, 236
 localName, 236
 newFileNamed:, 380
 oldFileOrNoneNamed:, 360
FileStream (classe), 383
FileStream class
 fileNamed:, 236
 fileNamed:do:, 227
 forceNewFileNamed:, 236
 forceNewFileNamed:do:, 236
 newFileNamed:, 236
 oldFileNamed:, 236
 readOnlyFileNamed:, 236
FileStreamException
 (classe), 383, 385
FileStreamException (classe), 383
FillInTheBank
 (classe), 255
FillInTheBlank
 request:initialAnswer:, 255
fixture, voir SUnit, installation
Float
 (classe), 191, 193
Float class
 e, 193
 infinity, 193
 nan, 193
 pi, 193
FloatArray
 (classe), 205
fold, voir Collection»inject:into
format mcz, voir Monticello, format mcz
FormCanvas
 (classe), 263
Fraction
 (classe), 186, 191
 numerator:denominator:, 193
fractions
 (classe), 193
geometry (protocole), 246
GForge, 285
GIFReadWriter
 nextPutImage:, 380
GNU Smalltalk, 407
héritage, 94, 100
halo, voir Morphic, voir Morphic, halo,
 voir Morphic
 icône, voir halo, poignée
 poignée, 11
Halt
 (classe), 388
 defaultAction, 388
HandMorph
 (classe), 108
 grabMorph:, 258
Haskell, 202
Hierarchy Browser, 21
HTML, 355
 html canvas, 329
 icône, voir halo, icône
 identité, voir Object, identité
IdentityDictionary
 (classe), 211, 327
image, 4, 5, 9
ImageMorph
 (classe), 124
 drawOn:, 123
initialisation, 35, 36, 93, 103
initialization (protocole), 41, 88
inspecteur, 15, 36, 87, 137, 275
Inspector, voir inspecteur, 87, 137
instruction, 60
 séparateur, 58, voir expression,
 séparateur
 séquence, 58
Integer
 (classe), 191, 194
 atRandom, 194
 bitAnd:, 65
 bitOr:, 65
 bitShift:, 65
 factorial, 193, 194
 gcd:, 194
 isPrime, 194
 timesRepeat:, 63, 194
IntegerArray
 (classe), 205
intercession, 410
Interval
 (classe), 64, 204, 206, 210
 at:, 204
 printOn:, 184
Interval (classe), 206

- Interval class
 - from:to:, 210
 - from:to:by:, 210
 - printString, 210
- introspection, 409, 410
- itération, 63
- Java, 71, 87, 90, 93, 102, 161
- JavaScript, 349, 350
- Kernel-Classes (catégorie), 95
- Kernel-Numbers (catégorie), 191
- Kernel-Objects (catégorie), 18, 21, 181
- KeyboardEvent
 - (classe), 254
- keys, voir Dictionary, keys
- Kleene star, 358, 360, 364
- Knight, Alan, xii
- lancement de Squeak, 4
- LargeNegativeInteger
 - (classe), 191, 194
- LargePositiveInteger
 - (classe), 191, 194
- Latin1TextConverter (classe), 360
- LF (globale), 111
- lightweight proxies, 423
- LinkedList
 - (classe), 205
- LinkedList (classe), 204, 206
- Linux, 320
- Lisp, 202
- littéral, 57
 - caractère, 57
 - chaîne, 57
 - nombre, 57
 - objet, 56
 - symbole, 57
 - tableau, 57, 183, 208
- méta-classe, 89
- méthode
 - abstraite, 95
 - extension, 102
 - lookup, 100
 - publique, 88
 - référencement, 100
 - sélecteur, 87
 - surcharge, 102
- version, 121
- méthode abstraite, voir méthode, abstraite
- méta-classe, 270, 272, 275
 - anonyme, 272
 - hiérarchie, 270, 273, 279, 281
 - implicite, 272
- méthode
 - accès, voir méthode d'accès
 - accepter, voir raccourci-clavier, accept
 - byte code, 126
 - catégorisation, 41, 45
 - constante, 42
 - création, 35, 118, voir Browser, définir une méthode
 - d'initialisation, voir initialisation
 - decompile, 126
 - dictionnaire, 275
 - exportation de fichier, voir fichier, exportation
 - générique, 190
 - getter, voir méthode d'accès
 - importation de fichier, voir fichier, importation
 - pretty-print, 40, 126
 - recherche, 22, 103, 127, 274
 - renvoi de self, 47
 - setter, voir méthode d'accès
 - trouver, voir méthode, recherche, voir méthode, recherche
- méthode d'accès en écriture, voir méthode d'accès
- méthode d'accès en lecture, voir méthode d'accès
- méthode générique, 182
- Mac OS X Finder, 116
- Mac OSX, 320
- machine virtuelle, 3, 4, 10, 58, 65, 99, 100, 105
- Magnitude
 - <, 96, 192, 213
 - <=, 213
 - =, 192, 213
 - >, 192, 213
 - >=, 96, 213
 - (classe), 95, 189, 191, 194, 197, 213
 - between:and:, 213
- Matrix

(classe), 40, 43
Matrix class
 new:tabulate:, 40
 rows:columns:, 40
menu World, 8
message
 à mots-clés, 58, 59, 67
 binaire, 58, 59, 67
 cascade, voir cascade
 envoi, 68, 98, 271
 not understood, 105
 ordre d'évaluation, 72
 receveur, 68
 sélecteur, 58, 68
 unaire, 58, 59, 67
Message Name Finder, 114
Message Names Browser, 151
MessageNotUnderstood
 (classe), 387, 397
Metaclass
 (classe), 270, 278, 281
Metaclass class
 (classe), 279
 metaobjects, 409
 metaprogram, 410
 method dictionary, 418
Method Finder, 22, 114
 method wrappers, 428
MethodContext
 (classe), 59, 420
 findNextHandlerContextStarting, 402
MethodDictionary
 at:put:, 428
 metrics, 414
 minimal object, 424
 ML, 202
Model
 myDependents, 116
Monticello, 31, 48, 114, 128, 129, 131, 155,
 438
 archiver, 288
 backporting, 303
 branching, voir Monticello, créer
 une branche
Browser, 286
 charger, décharger, actualiser, 292
 créer des paquetages, 287
 créer une branche, 293
 dépôt, 309
 dépôt FTP, 309
 dépôt GOODS, 310
 dépôt HTTP, 309
 dépôt-répertoire, 310
 dépendance, 304
 dépendances, 313
 Dependencies, 313
 format mcz, 313
 fusionner, 296
History Browser, 302
 inspecteur des dépôts, voir
 Monticello, Repository
 Inspector
 outil de fusion, 296
Package, 313
 package, voir paquetage
 package cache, voir paquetage,
 package cache
 paquetage, 313
Patch Browser, 301
Repository Inspector, 291
SMTP, 310
Snapshot, 313
Snapshot Browser, 300
 version, 313
 VersionInfo, 313
Monticello Browser, voir Monticello
Monticello, 285
Morph
 (classe), 38, 124
 addMorph:, 246
 bounds, 248
 center:, 246
 color:, 245
 constructorString, 104
 delete, 247
 drawOn:, 119, 247
 extent, 245
 handleKeystroke:, 253, 254
 handlesMouseDown:, 252, 253
 handlesMouseOver:, 253
 mouseDown:, 251
 mouseEnter:, 253
 mouseLeave:, 253
 mouseUp:, 251
 openInWorld, 101, 243, 244, 248, 271
 position, 245
 removeMorph:, 247
 repelsMorph:event:, 257

wantsDroppedMorph:event:, 256
morph
 composer, 246
 sous-classer, 247
 sous-morph, voir sous-morph
Morphic, 9, 33, 108, 241
 animation, 254, 262
 halo, 6, 7, 11, 37, 47, 242
 icône, voir halo, icône
 isStepping, 254
 poignée, voir halo, poignée
 startStepping, 254
 step, 254
 stepTime, 254
 stopStepping, 254
MorphicEvent
 (classe), 254
 hand, 258
MouseEvent
 (classe), 252
 redButtonPressed, 252
 yellowButtonPressed, 252
mutateur, voir méthode d'accès
MyTestCase class
 buildSuiteFromSelectors, 176

navigateur
 fichiers, 155
 processus, 150
navigateur de change set, voir Change Set Browser
navigateur de classes, voir System Browser, 32, 114
 browse, voir Browser, browse
 classes contenantes, voir Browser, implementors
 définition d'une classe, voir Browser, définir une classe
 définition d'une méthode, voir Browser, définir une méthode
 hiérarchie, voir Browser, hierarchy
 implementors, voir Browser, implementors
 méthodes émettrices, voir Browser, senders
 senders, voir Browser, senders
navigateur de noms de messages, voir Message Names Browser
navigateur Monticello, voir Monticello

navigation par programme, 128
naviguer de manière pragmatique, 437
.Net, 161
new, voir Behavior>new
NeXTstep, 115
nil (pseudo-variable), 55, 58
nombres flottants, 57
notation en base numérique, 57
notificateur, 150
notification, 45
Null Object (patron), 190
Number
 *, 192
 +, 192
 -, 192
 /, 192
 (classe), 186, 189, 191, 192
 asFloat, 192
 asInteger, 192
 ceiling, 192
 day, 192
 even, 192
 floor, 192
 fractionPart, 192
 hour, 192
 i, 192
 integerPart, 192
 isInfinite, 192
 log, 192
 negative, 192
 odd, 192
 positive, 192
 printOn:, 192
 raiseTo:, 192
 sin, 192
 sqrt, 192
 squared, 192
 to:, 210
 to:by:, 210
 to:do:, 64
 week, 192

Object
 ->, 211
 =, 184
 (classe), 15, 18, 19, 33, 94, 105, 181, 271
 égalité, 184
 ~=., 185

asMorph, 244
 assert:, 188
 asString, 217
 at:, 65
 at:put:, 65
 class, 185, 271, 413
 copie superficielle, 186
 copy, 187
 copyTwoLevel, 187
 deepCopy, 187
 deprecated:, 188, 395
 doesNotUnderstand:, 106, 189, 387, 423
 doIfNotNil:, 189
 error, 189
 error:, 189
 explore, 416
 halt, 188, 388, 421, 422
 haltIf:, 422, 423
 hash, 185
 identité, 184
 ifNotNilDo:, 189
 initialize, voir initialisation
 instanceVariableValues, 412
 instVarAt:, 411
 instVarAt:put:, 411
 instVarNamed:, 411
 instVarNamed:put:, 411
 isArray, 190
 isBlock, 190
 isBoolean, 190
 isCollection, 190
 isComplex, 190
 isKindOf:, 186, 271, 413
 isMemberOf:, 185
 notNil, 190
 perform:, 261, 426
 postCopy, 188
 printOn:, 344
 printOn:, 182
 printString, 19, 182, 217
 respondsTo:, 186, 413
 shallowCopy, 187
 shouldNotImplement, 189
 storeOn:, 183
 subclassResponsibility, 95, 96, 189, 422
 yourself, 221

Object class
 (classe), 272

ObjectsAsMethodsExample

(classe), 427
objet
 auto-évalué, 183
 initialisation, voir initialisation
 littéral, voir littéral, objet
OmniBrowser, 128, 436
onglet Tools, 18, 22, 26, 29, 151, 153, 155
Oracle, 161
OrderedCollection
 (classe), 204–206, 209, 226, 435
 add:, 209, 221
 addAll:, 209
 addFirst:, 204, 209
 addLast:, 204, 209
 anySatisfy:, 221
 at:, 204
 at:put:, 204
 detect:, 220
 do:, 226
 remove:, 209
 remove:ifAbsent:, 209
 removeAt:, 127
 reverseDo:, 217, 218

package, voir paquetage, 286
 cache, 132, voir paquetage, package
 cache
 clean et dirty, 290
Package Browser, voir Monticello
package cache, 50
Package Pane Browser, 127
package-cache, 288, 291, 292, 307, 310, 314
PackageInfo
 (classe), 287
paquetage, 16, 31, 127, 129, 287
 création, 117
 dirty package, 50
 expressions régulières, 197, 216
 extension, 130
 package cache, 135
 requis, voir Monticello, dépendance
parenthèses, 67, 71, 74
PasteUpMorph
 (classe), 108
Pelrine, Joseph, 99, 161
Perl, 161, 355
Pier, 306
PluggableListMorph
 (classe), 140

poignée, voir halo, poignée
Point
 (classe), 36, 416
 dist:, 88
 printOn:, 184
point, voir expression, séparateur
PopupMenu
 (classe), 255
PositionableStream
 (classe), 225
 atEnd, 230
 contents, 230
 isEmpty, 230
 peek, 228
 peekFor:, 228
 position, 229
 position:, 229
 reset, 225, 229
 setToEnd, 229
 skip:, 229
 skipTo:, 229
PositionableStream class
 on:, 228
Pragma
 (classe), 431
pragma, 411, 430
pragmas, 430
pre-debugger, 150
PreDebugWindow
 (classe), 45, 141
Preference Browser, 7, 188
pretty-print, voir méthode
primitive, 58, 65, 99
primitive methods, 411
printing (protocole), 19
private (protocole), 88
Process Browser, 114
processus
 Browser, 150
 interruption, 115, 149
programmation par contrat, 188
protocole, 19, 41
ProtoObject
 ==, 211
 (classe), 94, 105, 181, 185
 become:, 424
 initialize, 190
 isNil, 190
 withArgs:executeMethod:, 430
ProtoObject class
 (classe), 279
Prototype, 349
pseudo-variable, voir variable, pseudo
Python, 161, 355
Quinto, 31
réflexion, 182
réflexivité, 87
réfléctivité, 261
réflexivité, 162
raccourci clavier
 cancel, 143
 explore it, 140, 144
 inspect it, 138, 144
raccourci-clavier, 14, 20, 25, 30, 119
 accept, 25, 34
 browse it, 20, 21, 119, 436
 cancel, 40
 do it, 14
 explore it, 15
 find..., 436
 find..., 21
 inspect it, 15
 print it, 14
RBParser (classe), 438
ReadStream
 (classe), 226, 228
 next, 228
 next:, 228
 upToEnd, 228
ReadWriteStream
 (classe), 226, 232
ReceiverMorph
 (classe), 257
recherche
 méthode, voir méthode, recherche
Rectangle
 (classe), 36, 248
 containsPoint:, 249
refactoring, 34, voir refactorisation
Refactoring Browser, 418, 439
refactorisation, 131
reflection, 409
Regex
 operator precedence, 364
 subexpression matches, 372
Regex (paquetage), 197, 216, 355

Regex syntax, 363, 366
 character classes, 367
 character range, 366
 character set, 365
 escape, 365
 matching string boundaries, 369

RegexCompilationError
 (classe), 374

RegexMatchingError
 (classe), 374

RegexSyntaxError
 (classe), 374

regular expression package, voir regular expression package, voir paquetage, expressions régulières

Regular expressions, voir Regex

removing (protocole), 204

renvoi, 102

Repository Inspector, voir Monticello,
 Repository Inspector

required (protocole), 128

ressource, voir test, ressource

restore display, 90

retour, 58, 99, 102
 implicite, 61

Ruby, 355

RxMatcher
 (classe), 371, 375
 copy:replacingMatchesWith:, 374
 copy:translatingMatchesUsing:, 374
 copyStream:to:replacingMatchesWith:, 374
 copyStream:to:translatingMatchesUsing:, 374
 forString:, 371
 forString:ignoreCase:, 371
 lastResult, 372
 matches:, 371
 matchesIn:, 371, 374
 matchesIn:collect:, 374
 matchesIn:do:, 374
 matchesOnStream:, 374
 matchesOnStream:collect:, 374
 matchesOnStream:do:, 374
 matchesPrefix:, 361, 372
 matchesStream:, 372
 matchesStreamPrefix:, 372
 search:, 372
 searchStream:, 372

subBeginning:, 373
 subEnd:, 373
 subexpression:, 361, 373
 subexpressionCount, 373

RxParser
 (classe), 358, 371, 375

Rxs*
 (classe), 375

séparateur, voir expression, séparateur

sauvegarde du code, voir catégorie

SBECell
 (classe), 33
 initialize, 35
 mouseAction:, 44
 mouseUp:, 45

SBEGame
 (classe), 37
 cellsPerSide, 42
 initialize, 38, 47
 newCellAt:at:, 43, 47
 toggleNeighboursOfCellAt:at:, 43

script.aculo.us, 349

Seaside, 319
 administrator login, 320
 backtracking state, 319, 327
 callback, 332, 337
 components, 319, 324
 configuration, 324
 control flow, 336
 convenience methods, 338
 counter, 321
 deployment mode, 324
 development mode, 324
 halos, 322, 341
 multi-counter, 324, 328
 One-Click Experience, 320
 rendering, 325
 Sushi Store, 341
 task, 336, 339
 toolbar, 321
 transactions, 319
 web site, 320
 XHTML forms, 333

Self, 241

self (pseudo-variable), 36, 39, 55, 57, 58, 61, 100

envoi, 103

Sensor

(classe), 107
SequenceableCollection
 (classe), 203, 370
 doWithIndex:, 217
 first, 203
 last, 203
 readStream, 228
SequenceableCollection class
 streamContents:, 231, 232
Set
 (classe), 203, 204, 206, 211, 212
 add:, 212
 intersection, voir Collection,
 intersection:
 membership, voir Collection,
 includes:
 union, voir Collection, union:
Set class
 newFrom:, 212
Sharp, Alex, xii
shortcut constructor method, voir
 constructeur-raccourci
SimpleSwitchMorph
 (classe), 33
Singleton, 93
Singleton (patron), 197
SkipList (classe), 204
slot, voir variable d'instance
SmaCC, 440
SmaCCDev, 440
SmallInteger
 +, 65
 (classe), 15, 187, 191, 194
 maxVal, 194
 minVal, 194
Smalltalk (globale), 107, 108, 212
Sokoban, 16
SortedCollection
 (classe), 203, 205, 206, 213
SortedCollection class
 sortBlock:, 214
sortie-fichier, voir fichier, exportation
source, 4
SourceForge, 51
souris
 événement, voir événement, souris
sous-morph, 246
Squeak-dev, 4
SqueakMap, 16
SqueakSource, 136, 285, 319, 438
SqueakSource, 309, 310, 355
SqueakV3.sources, voir fichier, source
SqueakV39.sources, voir fichier, source
Stack
 pop, 188
stack trace, 141
StandardFileStream
 fullName, 236
StandardFileStream class
 oldFileNamed:, 386
StandardToolSet
 debug:context:label:contents:fullView:,
 388
Stream
 (classe), 182, 201, 225
 nextPut:, 226
 print:, 231
String
 (classe), 23, 25, 28, 61, 182, 195, 205,
 214, 217, 371, 435
 allRegexMatches:, 370
 anySatisfy:, 216
 appariement de chaînes, 215
 asDate, 197
 asFileName, 197
 asLowercase, 216
 asMorph, 244
 asRegex, 371
 asRegexIgnoringCase, 361, 371
 asUppercase, 23, 28, 216
 at:put:, 215
 capitalized, 197, 216
 concaténation, voir Collection,
 opérateur virgule
 copyReplaceAll:, 215
 copyWithRegex:matchesReplacedWith:,
 360, 362, 370
 expandMacros, 216
 expandMacrosWith:, 216
 filtrage, voir String, appariement de
 chaînes
 format:, 216
 includes:, 216
 isEmpty, 216
 lineCount, 61
 match:, 197, 215
 matchesRegex, 369
 matchesRegex:, 355, 358, 363, 371, 375

matchesRegexIgnoringCase:, 369
 pattern matching, voir String,
 appariement de chaînes
 prefixMatchesRegex:, 369
 prefixMatchesRegexIgnoringCase:, 369
 regex:matchesCollect:, 370
 regex:matchesDo:, 370
 replaceAll:with:, 215
 replaceFrom:to:with:, 215
 templating, 216
 translateToLowerCase, 197
 virgule, voir Collection, opérateur
 virgule
StringTest
 (classe), 25, 150
 structural reflection, 410
 submorph, voir sous-morph
 Subversion, 48, 285
SUnit, 24, 26, 114, 147, 161, 439
 installation, 165
 set up method, 165
 super (pseudo-variable), 55, 58, 100
 initialize, 103
 envoi, 103, 120, 437
 super-classe, 94, 100
 supersend (protocole), 128
 surcharge, voir méthode, surcharge
Symbol
 (classe), 118, 187, 196, 205, 217
Symbol (classe), 204
 symbole, 33
 littéral, voir littéral, symbole
 syntaxe, 55
System Browser, 18, 20
 bouton
 refactor, 126
 source, 125
 versions, 122
 définir une classe, 33
 définir une méthode, 35
 trouver une classe, voir classe,
 recherche
 trouver une méthode, voir méthode,
 recherche
SystemDictionary
 (classe), 107, 212
SystemNavigation
 (classe), 415, 418
 allCallsOn:, 415
 allClassesImplementing:, 415
 allSentMessages, 415
 allUnimplementedCalls, 415
 allUnsentMessages, 415
 browseAllImplementorsOf:, 416
 browseAllSelect:, 416
 browseMethodsWithSourceString:, 416
SystemNavigation (classe), 437
SystemNavigation (globale), 128
SystemNavigation class
 default, 415
SystemOrganization (globale), 108
SystemOrganizer
 (classe), 108
 téléchargement, 4
tableau, 205
 copie, voir Array, copy
 dynamique, 57, 183
 littéral, voir littéral, tableau, voir
 littéral, tableau
test, 24
 SUnit, voir SUnit
test (protocole), 190
Test Driven Development, 24
Test Runner, 114, 166
TestCase
 (classe), 164, 170, 171, 286
 assert:, 167, 188
 assert:description:, 169, 173
 deny:, 166
 deny:description:, 169, 173
 failureLog, 174
 isLogging, 174
 run, 175
 run:, 175
 runCase, 175
 setUp, 165, 171, 176
 should:description:, 173
 should:raise:, 169
 shouldnt:description:, 173
 shouldnt:raise:, 169
 tearDown, 171, 176
testing (protocole), 203, 204
TestResource
 (classe), 170, 172, 177
 setUp, 177
TestResource class
 current, 177

isAvailable, 177
TestResult
 (classe), 170, 172, 175
 runCase:, 175
TestResult class
 error, 169
TestRunner, 26, 439
 collectCoverageFor:, 429
 runCoverage, 429
TestSuite
 (classe), 170, 171
 run, 176
 run:, 177
Text
 (classe), 111
thisContext (pseudo-variable), 55, 58, 420
Timespan
 (classe), 192
TimeStamp (classe), 138
Trait
 (classe), 96
trait, 95, 96
Transcript, 12
Transcript (globale), 60, 107, 114, 254
TranscriptStream
 (classe), 107
TranslucentColor
 (classe), 110, 270, 271, 274, 277
True
 (classe), 58, 197
 ifTrue:, 198
 not, 198
true (pseudo-variable), 55, 58, 198

Undeclared (globale), 108
UndefinedObject
 (classe), 59, 187
 handleSignal:, 390
UndefinedObject (classe), 142
UnhandledError
 defaultAction, 388

value, voir BlockClosure
values, voir Dictionary, values
variable
 classe, voir classe, variable
 déclaration, 99
 déclaration, 57, 62
 globale, 56, 107

instance, voir variable d'instance
instance de classe, voir classe,
 variable d'instance
partagée, 106
pool, 57, 107, 111
pseudo, 102
 pseudo-variable, 57, 58
variable d'instance, 37, 87, 99
variable globale, voir variable, globale
version, 289
Versions Browser, voir Browser, versions,
 122
Viewer, voir visualiseur de commandes
virgule, voir Collection, opérateur virgule
virtual machine, 389
visualiseur de commandes, 243
VM, voir machine virtuelle
VMMaker (paquetage), 401

WAAnchorTag
 on:of:, 334
WABrush
 with:, 331
WACanvas
 (classe), 329
WACHoiceDialog
 (classe), 339
WAComponent
 (classe), 324, 336, 339
 answer:, 337
 call:, 337
 chooseFrom: caption:, 339
 chooseFrom:caption:, 339
 confirm:, 339
 inform:, 338, 340
 isolate:, 342
 request:, 338
WAComponent class
 canBeRoot, 326, 328
WAConvenienceTest
 (classe), 339
WACounter
 (classe), 324, 326
WADispatcherEditor
 (classe), 320, 324
WAFileLibrary
 (classe), 334
WAFormDialog
 (classe), 340

WAGlobalConfiguration
 (classe), 324
WAHtmlCanvas
 (classe), 325
WAKom
 (classe), 320
WANestedTransaction
 (classe), 342
WAPresenter
 renderContentOn:, 325, 329
 states, 327
WARenderCanvas
 (classe), 329
Warning
 (classe), 395
WASnapshot
 (classe), 327
WAStore
 (classe), 341
WAStoreTask
 (classe), 341
WATagBrush
 onClick:, 350
WATask
 (classe), 336, 339
 go, 337, 339
WAYesOrNoDialog
 (classe), 339
web application development, 319
WebServer
 (classe), 93
WideString
 (classe), 214
Windows, 320
Workspace, 5, 12, 114
World (globale), 108
world, 243
WriteStream
 (classe), 226, 230
 cr, 231
 ensureASpace, 231
 nextPut:, 231
 nextPutAll:, 231
 space, 231
 tab, 231

XML, 349
xUnit, 161
 SUnit, voir SUnit

