Haute École de Bruxelles Brabant
École Supérieure d'Informatique
Bachelor en Informatique

Rue Royale, 67. 1000 Bruxelles
02/219.15.46 – esi@he2b.be

DEV 2

Algorithmique

2018

Activité d'apprentissage enseignée par :

M. Codutti, G. Cuvelier, S. Drobisz,
A. Paquot, N. Pettiaux & N. Richard

Document produit avec LaTeX.
Version du 19 février 2018.

Table des matières

Chapitre 1

Les tableaux à 2 dimensions

1.1 Définition

La **dimension** d'un tableau est le nombre d'indices qu'on utilise pour faire référence à un de ses éléments. Attention de ne pas confondre avec la taille !

En DEV1, nous avons introduit les tableaux à une dimension. Un seul indice suffisait à localiser un de ses éléments. Pour le dire autrement, chaque case possédait **un** numéro. De nombreuses situations nécessitent cependant l'usage de tableaux à deux dimensions. Ils vous sont déjà familiers par leur présence dans beaucoup de situations courantes : calendrier, grille horaire, grille de mots croisés, sudoku, jeux se déroulant sur un quadrillage (damier, échiquier, scrabble...). Dans ces situations, chaque case est désignée par **deux** numéros.

1.2 Notations

1.2.1 Déclarer

Pour **déclarer** un tableau à 2 dimensions, on écrira :

```
nomTableau : tableau de nbLignes × nbColonnes TypeElément
```

où nbLignes et nbColonnes sont des expressions entières quelconques.

Exemple :

```
tab : tableau de 5×10 entiers
```

déclare un tableau de 5 lignes par 10 colonnes dont chaque case contient un entier.

1.2.2 Utiliser

Pour **accéder** à une case du tableau on donnera les deux indices entre crochets. Comme en DEV1, on va considérer que la première ligne et la première colonne portent le numéro (l'indice) 0.

Exemple :

```
afficher tab[2,4]                    // affiche le 5e élément de la 3e ligne du tableau nommé tab.
```

1.2.3 Visualiser

Notez que la vue sous forme de tableau avec des lignes et des colonnes est une vision humaine. Il n'y a pas de lignes ni de colonnes en mémoire. Pour être précis, on devrait juste parler de première dimension et de deuxième dimension mais la notion de ligne et de colonne est un abus de langage qui simplifie le discours.

On pourrait aussi visualiser un tableau à deux dimensions comme un tableau à une dimension dont chacun des éléments est lui-même un tableau à une dimension.

Exemple : Soit le tableau déclaré ainsi :

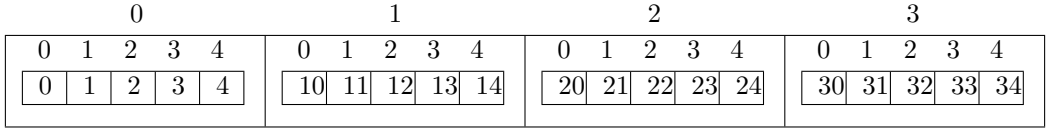
```
nombres : tableau de 4×5 entiers
```

On peut le visualiser à l'aide d'une grille à 4 lignes et 5 colonnes.

	0	1	2	3	4
0	0	1	2	3	4
1	10	11	12	13	14
2	20	21	22	23	24
3	30	31	32	33	34

Ainsi, la valeur de nombres[2,3] est la valeur 23.

La vision « tableau de tableaux » (ou décomposition en niveaux) donnerait :



Dans cette représentation, le tableau nombres est d'abord décomposé à un premier niveau en quatre éléments auxquels on accède par le premier indice. Ensuite, chaque élément de premier niveau est décomposé en cinq éléments de deuxième niveau accessibles par le deuxième indice.

1.2.4 Exemples

Exemple 1 – Remplir les coins. Dans ce petit exemple, on a un tableau de chaines et on donne des valeurs aux coins.

"NO"				"NE"
"SO"				"SE"

```
// Déclare un tableau et donne des valeurs aux coins.
algorithme remplirCoins()
    grille : tableau de 3×5 chaines
    grille[0,0] ← "NO"
    grille[0,4] ← "NE"
    grille[2,0] ← "SO"
    grille[2,4] ← "SE"
fin algorithme
```

Exemple 2 – Gestion des stocks. Reprenons l'exemple du stock de 10 produits qui a servi d'introduction au chapitre sur les tableaux mais, cette fois, pour chaque jour de la semaine.

	article0	article1	article2	...	article7	article8	article9
lundi	cpt[0,0]	cpt[0,1]	cpt[0,2]	...	cpt[0,7]	cpt[0,8]	cpt[0,9]
mardi	cpt[1,0]	cpt[1,1]	cpt[1,2]	...	cpt[1,7]	cpt[1,8]	cpt[1,9]
mercredi	cpt[2,0]	cpt[2,1]	cpt[2,2]	...	cpt[2,7]	cpt[2,8]	cpt[2,9]
jeudi	cpt[3,0]	cpt[3,1]	cpt[3,2]	...	cpt[3,7]	cpt[3,8]	cpt[3,9]
vendredi	cpt[4,0]	cpt[4,1]	cpt[4,2]	...	cpt[4,7]	cpt[4,8]	cpt[4,9]
samedi	cpt[5,0]	cpt[5,1]	cpt[5,2]	...	cpt[5,7]	cpt[5,8]	cpt[5,9]
dimanche	cpt[6,0]	cpt[6,1]	cpt[6,2]	...	cpt[6,7]	cpt[6,8]	cpt[6,9]

```
// Calcule et affiche la quantité vendue de 10 produits
// pour chaque jour de la semaine (de 0 : lundi à 6 : dimanche).
algorithme statistiquesVentesSemaine()
    cpt : tableau de 7×10 entiers
    initialiser(cpt)
    // Pour chaque jour de la semaine
    pour jour de 0 à 6 faire
        traiterStock1Jour(cpt, jour)
        pour produit de 0 à 9 faire
            afficher "quantité vendue de produit ", produit, " ce jour ", jour, " : ", cpt[jour,produit]
        fin pour
    fin pour
fin algorithme
```

```
// Initialise le tableau d'entiers à 0
algorithme initialiser(entiers↓↑ : tableau de 7×10 entiers)
    pour i de 0 à 6 faire
        pour j de 0 à 9 faire
            entiers[i,j] ← 0
        fin pour
    fin pour
fin algorithme
```

```
// Effectue le traitement du stock pour une journée.
algorithme traiterStock1Jour(cpt↓↑ : tableau de 7×10 entiers, jour↓ : entier)
    numéroProduit, quantité : entiers
    afficher "Introduisez le numéro du produit :"
    demander numéroProduit
    tant que numéroProduit ≥ 0 et numéroProduit < 10 faire
        afficher "Introduisez la quantité vendue :"
        demander quantité
        cpt[jour,numéroProduit] ← cpt[jour,numéroProduit] + quantité
        afficher "Introduisez le numéro du produit :"
        demander numéroProduit
    fin tant que
fin algorithme
```

1.2.5 Exercices

1 Case nulle ?

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau d'entiers (à n lignes et m colonnes) ainsi que les coordonnées d'une case (ligne, colonne) et qui retourne un booléen indiquant si la case désignée contient ou pas la valeur nulle.

```
algorithme estNul(tab : tableau de n × m entiers, lg, col : entiers) → booléen
```

2 Assigner une case

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau d'entiers (à n lignes et m colonnes) ainsi que les coordonnées d'une case (ligne, colonne) et une valeur entière. L'algorithme met la valeur donnée dans la case indiquée pour autant que la case contienne actuellement la valeur nulle. Dans le cas contraire, l'algorithme ne fait rien.

algorithme *assigner*(tab↓↑ : tableau de n × m entiers, lg↓, col↓, val↓ : entiers)

3 Un bord du tableau

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau d'entiers (à n lignes et m colonnes) ainsi que les coordonnées d'une case (ligne, colonne). L'algorithme doit indiquer si la case donnée est ou non sur un **bord** du tableau.

algorithme *estBord*(tab : tableau de n × m entiers, lg, col : entiers) → booléen

4 Un coin du tableau

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau d'entiers (à n lignes et m colonnes) ainsi que les coordonnées d'une case (ligne, colonne). L'algorithme doit indiquer si la case donnée est ou non sur un des 4 **coins** du tableau.

algorithme *estCoin*(tab : tableau de n × m entiers, lg, col : entiers) → booléen

1.3 La troisième dimension (et au-delà)

Certaines situations complexes nécessitent l'usage de tableaux à 3 voire plus de dimensions.

Pour déclarer un tableau statique à k dimensions, on écrira :

nomTableau : tableau de tailleDim1 × ... × tailleDimK TypeElément

1.4 Parcours d'un tableau à deux dimensions

Comme nous l'avons fait pour les tableaux à une dimension, envisageons le parcours des tableaux à deux dimensions (n lignes et m colonnes). Nos algorithmes sont valables quel que soit le type des éléments. Utilisons T pour désigner un type quelconque.

tab : tableau de n × m T

Commençons par des cas plus simples où on ne parcourt qu'une seule des dimensions puis attaquons le cas général.

1.4.1 Parcours d'une dimension

On peut vouloir ne parcourir qu'une seule ligne du tableau. Si on parcourt la ligne l, on visite les cases $(l, 0)$, $(l, 1)$, ..., $(l, m-1)$. L'indice de ligne est constant et c'est l'indice de colonne qui varie.

l	1	2	3	4	5

Ce qui donne l'algorithme :

```
// Parcours de la ligne ligne d'un tableau à deux dimensions
algorithme affichageElémentsLigne(tab : tableau de n × m T, ligne : entier)
    pour colonne de 0 à m-1 faire
        afficher tab[ligne,colonne]                    // On peut faire autre chose qu'afficher
    fin pour
fin algorithme
```

Retenons : pour parcourir une ligne, on utilise une boucle sur les colonnes.

Symétriquement, on pourrait considérer le parcours d'une colonne avec l'algorithme suivant.

```
// Parcours de la colonne colonne d'un tableau à deux dimensions
algorithme affichageElémentsColonne(tab : tableau de n × m T, colonne : entier)
    pour ligne de 0 à n-1 faire
        afficher tab[ligne,colonne]                    // On peut faire autre chose qu'afficher
    fin pour
fin algorithme
```

Si le tableau est carré ($n = m$) on peut aussi envisager le parcours des deux diagonales.

Pour la diagonale descendante, les éléments à visiter sont $(0,0)$, $(1,1)$, $(2,2)$, ..., $(n-1,n-1)$.

1		
	2	
		3

Une seule boucle suffit comme le montre l'algorithme suivant.

```
// Parcours de la diagonale descendante d'un tableau carré
algorithme affichageElémentsDiagonaleDescendante(tab : tableau de n × n T)
    pour i de 0 à n-1 faire
        afficher tab[i,i]                              // On peut faire autre chose qu'afficher
    fin pour
fin algorithme
```

Pour la diagonale montante, on peut envisager deux solutions, avec deux indices ou un seul en se basant sur le fait que $i + j = n - 1 \Rightarrow j = n - 1 - i$.

		1
	2	
3		

```
// Parcours de la diagonale montante d'un tableau carré - version 2 indices
algorithme affichageElémentsDiagonaleMontante(tab : tableau de n × n T)
    j : entier
    j ← n-1
    pour i de 0 à n-1 faire
        afficher tab[i,j]                              // On peut faire autre chose qu'afficher
        j ← j - 1
    fin pour
fin algorithme
```

```
// Parcours de la diagonale montante d'un tableau carré - version 1 indice
algorithme affichageElémentsDiagonaleMontante(tab : tableau de n × n T)
    pour i de 0 à n-1 faire
        afficher tab[i, n - 1 - i]                     // On peut faire autre chose qu'afficher
    fin pour
fin algorithme
```

1.4.2 Parcours des deux dimensions

Parcours par lignes et par colonnes

Les deux parcours les plus courants sont les parcours ligne par ligne et colonne par colonne. Les tableaux suivants montrent dans quel ordre chaque case est visitée dans ces deux parcours.

Parcours ligne par ligne

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15

Parcours colonne par colonne

1	4	7	10	13
2	5	8	11	14
3	6	9	12	15

Le plus simple est d'utiliser deux boucles imbriquées

```
// Parcours d'un tableau à 2 dimensions, ligne par ligne
algorithme affichageElémentsLigneParLigne(tab : tableau de n × m T)
    pour lg de 0 à n-1 faire
        pour col de 0 à m-1 faire
            afficher tab[lg,col]                          // On peut faire autre chose qu'afficher
        fin pour
    fin pour
fin algorithme
```

```
// Parcours d'un tableau à 2 dimensions, colonne par colonne
algorithme affichageElémentsColonneParColonne(tab : tableau de n × m T)
    pour col de 0 à m-1 faire
        pour lg de 0 à n-1 faire
            afficher tab[lg,col]                          // On peut faire autre chose qu'afficher
        fin pour
    fin pour
fin algorithme
```

Mais on peut obtenir le même résultat avec une seule boucle si l'indice sert juste à compter le nombre de passages ($n*m$) et que les indices de lignes et de colonnes sont gérés manuellement.

L'algorithme suivant montre ce que ça donne pour un parcours ligne par ligne. La solution pour un parcours colonne par colonne est similaire et laissée en exercice.

```
// Parcours d'un tableau à 2 dimensions via une seule boucle
algorithme affichageElémentsLigneParLigne(tab : tableau de n × m T)
    lg, col : entiers
    lg ← 0
    col ← 0
    pour i de 1 à n*m faire
        afficher tab[lg,col]                              // On peut faire autre chose qu'afficher
        col ← col + 1                                     // Passer à la case suivante
        si col = m alors                 // On déborde sur la droite, passer à la ligne suivante
            col ← 0
            lg ← lg + 1
        fin si
    fin pour
fin algorithme
```

L'avantage de cette solution apparaitra quand on verra des situations plus difficiles.

Interrompre le parcours

Comme avec les tableaux à une dimension, envisageons l'arrêt prématuré lors de la rencontre d'une certaine condition. Et, comme avec les tableaux à une dimension, transformons d'abord nos **pour** en **tant que**.

Par exemple, montrons les deux parcours ligne par ligne, avec une et deux boucle(s).

```
// Parcours d'un tableau à 2 dimensions, ligne par ligne, via un tant que
algorithme affichageElémentsLigneParLigne(tab : tableau de n × m T)
    lg, col : entiers
    lg ← 0
    tant que lg < n faire
        col ← 0
        tant que col < m faire
            afficher tab[lg, col]                          // On peut faire autre chose qu'afficher
            col ← col + 1
        fin tant que
        lg ← lg + 1
    fin tant que
fin algorithme
```

```
// Parcours d'un tableau à 2 dimensions via une seule boucle et un tant que
algorithme affichageElémentsLigneParLigne(tab : tableau de n × m T)
    lg, col, i : entiers
    lg ← 0
    col ← 0
    i ← 1
    tant que i ≤ n*m faire                                          // ou "lg < n"
        afficher tab[lg,col]                                // On peut faire autre chose qu'afficher
        col ← col + 1                                                // Passer à la case suivante
        si col = m alors                          // On déborde sur la droite, passer à la ligne suivante
            col ← 0
            lg ← lg + 1
        fin si
        i ← i + 1
    fin tant que
fin algorithme
```

On peut à présent introduire le test comme on l'a fait dans les algorithmes de parcours des tableaux à une dimension.

Illustrons-le au travers de deux exemples où on cherche un élément particulier. Le premier introduit un test en utilisant un booléen alors que le second introduit un test sans utiliser de booléen. Dans les deux cas, l'algorithme retourne un booléen indiquant si l'élément a été trouvé ou pas

```
// Parcours avec test d'arrêt - deux boucles et un booléen
algorithme chercherElément(tab : tableau de n × m T, élt : T) → booléen
    lg, col : entiers
    trouvé : booléen
    trouvé ← faux
    lg ← 0
    tant que lg < n ET NON trouvé faire
        col ← 0
        tant que col < m ET NON trouvé faire
            si tab[lg, col] = élt alors
                trouvé ← vrai
            sinon                                  // Ne pas modifier les indices si arrêt demandé
                col ← col + 1
            fin si
        fin tant que
        si NON trouvé alors                        // Ne pas modifier les indices si arrêt demandé
            lg ← lg + 1
        fin si
    fin tant que
    retourner trouvé
fin algorithme
```

```
// Parcours avec test d'arrêt - une boucle et pas de booléen
algorithme chercherElément(tab : tableau de n × m T, élt : T)
    lg, col, i : entiers
    lg ← 0
    col ← 0
    i ← 1
    tant que i ≤ n*m ET tab[lg, col] ≠ élt faire
        col ← col + 1                                   // Passer à la case suivante
        si col = m alors                  // On déborde sur la droite, passer à la ligne suivante
            col ← 0
            lg ← lg + 1
        fin si
        i ← i + 1
    fin tant que
    retourner i < n ∗ m
fin algorithme
```

Parcours plus compliqué - le serpent

Envisageons un parcours plus difficile illustré par le tableau suivant.

1	2	3	4	5
10	9	8	7	6
11	12	13	14	15

Le plus simple est d'adapter l'algorithme de parcours avec une seule boucle en introduisant un sens de déplacement, ce qui donne l'algorithme :

```
// Parcours du serpent dans un tableau à deux dimensions
algorithme affichageElémentsSerpent(tab : tableau de n × m T)
    lg, col, depl : entiers
    lg ← 0
    col ← 0
    depl ← 1                                        // 1 pour avancer, -1 pour reculer
    pour i de 1 à n*m faire
        afficher tab[lg, col]                    // On peut faire autre chose qu'afficher
        si 0 ≤ col + depl ET col + depl < m alors
            col ← col + depl                          // On se déplace dans la ligne
        sinon
            lg ← lg + 1                               // On passe à la ligne suivante
            depl ← -depl                                  // et on change de sens
        fin si
    fin pour
fin algorithme
```

1.5 Exercices

5 Affichage

Écrire un algorithme qui affiche tous les éléments d'un tableau (à n lignes et m colonnes) ligne par ligne.

Écrivez un autre algorithme qui affiche cette fois les éléments colonne par colonne

6 Cases adjacentes

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau d'entiers (à n lignes et m colonnes) ainsi que les coordonnées d'une case (ligne, colonne) et *affiche* les coordonnées des cases *adjacentes*.

7 Les nuls

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau (n x m) d'entiers et qui retourne la proportion d'éléments nuls dans ce tableau.

8 Le tableau de cotes

Soit un tableau à n lignes et m colonnes d'entiers où une ligne représente les notes sur 20 d'un étudiant et les colonnes toutes les notes d'un cours.

Écrire un algorithme recevant ce tableau en paramètre et retournant le pourcentage d'étudiants ayant obtenu une moyenne supérieure à 50%.

9 Le triangle de Pascal

Le triangle de Pascal est construit de la façon suivante :

- ▷ la ligne initiale contient un seul élément de valeur 1 ;
- ▷ chaque ligne possède un élément de plus que la précédente ;
- ▷ chaque ligne commence et se termine par 1 ;
- ▷ pour calculer un nombre d'une autre case du tableau, on additionne le nombre situé dans la case située juste au-dessus avec celui dans la case à la gauche de la précédente.

Écrire un algorithme qui reçoit en paramètre un entier n, et qui renvoie un tableau contenant les $n + 1$ premières lignes du triangle de Pascal (indicées de 0 à n).

N.B. : le « triangle » sera bien entendu renvoyé dans un tableau carré (ce qui ne sera forcément le cas en Java). Quid des cases non occupées ?

Par exemple, pour n qui vaut 5, on aura le tableau ci-contre.

1					
1	1				
1	2	1			
1	3	3	1		
1	4	6	4	1	
1	5	10	10	5	1

10 Tous positifs

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau (n x m) d'entiers et qui vérifie si tous les nombres qu'il contient sont strictement positifs. Bien sûr, on veillera à éviter tout travail inutile ; la rencontre d'un nombre négatif ou nul doit arrêter l'algorithme.

11 Toute une ligne de valeurs non nulles ?

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau d'entiers (à n lignes et m colonnes) ainsi qu'un numéro de ligne et qui retourne un booléen indiquant si la ligne donnée du tableau ne contient que des valeurs non nulles.

algorithme *lignePleine*(tab : tableau de n × m entiers, lg : entier) → booléen

Faites de même pour une colonne.

12 Le carré magique

Un carré magique est un tableau d'entiers carré (c'est-à-dire possédant autant de lignes que de colonnes) ayant la propriété suivante : si on additionne les éléments d'une quelconque de ses lignes, de ses colonnes ou de ses deux diagonales, on obtient à chaque fois le même résultat.

Écrire un algorithme recevant en paramètres le tableau (n x n) d'entiers représentant le carré et renvoyant une valeur booléenne indiquant si c'est un carré magique ou pas.

13 Lignes et colonnes

Écrire un algorithme qui reçoit un tableau d'entiers à 2 dimensions en paramètre et qui retourne un booléen indiquant si ce tableau possède 2 lignes ou 2 colonnes identiques.

Dans l'affirmative, cet algorithme renverra également en paramètres les informations suivantes :

- ▷ les indices des lignes ou colonnes identiques
- ▷ un caractère valant 'L' ou 'C' selon qu'il s'agit de lignes ou de colonnes

Dans la négative, les valeurs de ces paramètres seront indéterminées ou quelconques, elles ne seront de toute façon pas utilisées par l'algorithme appelant.

14 Le contour du tableau

On donne un tableau d'entiers tabEnt à n lignes et m colonnes. Écrire un algorithme retournant la somme de tous les éléments *impairs* situés sur le bord du tableau.

Exemple : pour le tableau suivant, l'algorithme doit renvoyer 32

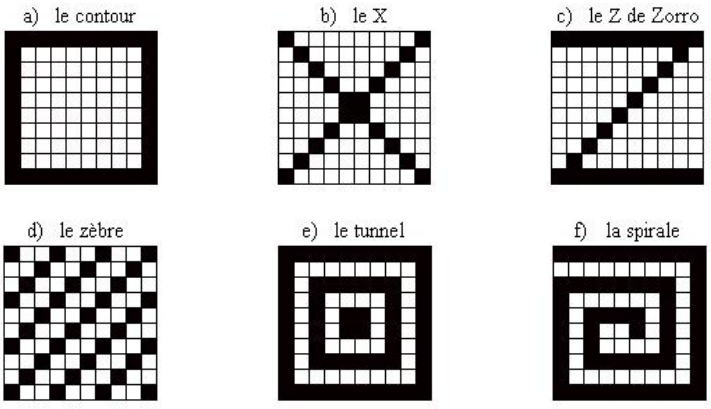
3	4	6	11
2	21	7	9
1	5	12	3

Et pour le suivant, l'algorithme doit renvoyer 6

4	1	2	8	5

15 À vos pinceaux !

On possède un tableau à n lignes et n colonnes dont les éléments de type Couleur valent NOIR ou BLANC. On suppose que le tableau est initialisé à BLANC au départ. Écrire un algorithme qui *noircit* les cases de ce tableau comme le suggèrent les dessins suivants (les exemples sont donnés pour un tableau 10 x 10 mais les algorithmes doivent fonctionner quelle que soit la taille du tableau).



Notes

- ▷ Le zèbre doit toujours présenter des lignes obliques et parallèles, quelle que soit la taille.
- ▷ La spirale est un véritable défi et vous est donné comme exercice facultatif. Ne le faites pas si vous êtes en retard.

16 Exercices sur la complexité

Quelle est la complexité

a) d'un algorithme de parcours d'un tableau n x n ?

b) des algorithmes que vous avez écrits pour les exercices : "Les nuls", "Tous positifs", "Le carré magique" et "Le contour d'un tableau" ?

c) des algorithmes que vous avez écrits pour résoudre les exercices du pinceau ?

Chapitre 2

L'orienté objet

Le cours de Java vous a présenté la programmation orienté objet. Dans ce chapitre, nous allons rapidement revoir ce sujet et présenter comment nous allons l'utiliser dans ce cours. Nous nous contenterons de parler d'*encapsulation*. Les autres piliers de l'orienté objet (*héritage* et *polymorphisme*) ne seront pas vus cette année.

2.1 Motivation

Au cours de Java, vous avez vu que l'orienté objet permet de structurer une application en regroupant dans un même *objet* des données et le code qui va manipuler ces données.

Une autre façon de voir l'orienté objet est de constater qu'une classe permet de définir un nouveau *type de données*. La notion de *structure* permet déjà cela mais de façon limitée car elle ne reprend que des données et pas du code. Avec l'orienté objet, on dispose de méthodes définissant ce qu'on peut faire avec des données (les objets) de ce type. C'est ainsi que nous l'utiliserons pour définir les listes dans un prochain chapitre.

2.2 Illustration : une durée

Voyons tout cela au travers d'un exemple complet. Il est parfois utile d'avoir à sa disposition un type de données permettant de représenter une durée. Utiliser plusieurs entiers (un pour les heures, un autre pour les minutes, un autre encore pour les secondes) n'est pas pratique. Utiliser une structure est déjà mieux mais offre moins d'avantage que l'orienté objet. Voyons comment définir ce nouveau type de données en orienté objet.

2.2.1 Ce que l'on veut vraiment

Avant tout, il faut bien préciser ce que l'on veut décrire et bien faire la distinction entre un *moment* et une *durée*. L'« heure » est un concept multifacette. Parle-t-on de l'heure comme moment dans la journée ou de l'heure comme représentant une durée ? Dans le premier cas, elle ne peut dépasser 24h et la différence entre 2 heures n'a pas de sens (ou plus précisément n'est pas une heure, mais une durée !). Ce que nous nous proposons de créer ici est une durée, correspondant au deuxième cas. Et pour être plus précis encore, nous allons nous limiter à une précision à la seconde près, pas plus [1].

1. Ajouter plus de précision ne serait pas plus compliqué à faire.

2.2.2 Le comportement (les méthodes)

La première question à se poser est celle des services que l'on veut fournir, c'est-à-dire des méthodes publiques de la classe. On doit pouvoir *construire* une durée. On doit pouvoir connaitre le nombre de jours, d'heures, minutes ou secondes correspondant à une durée. On doit pouvoir effectuer des calculs avec des durées (addition, soustraction). Enfin, on doit pouvoir comparer des durées. Arrêtons-nous là, mais en pratique, on pourrait trouver encore bon nombre d'autres méthodes qu'il serait intéressant de fournir.

Voici comment nous allons noter tout cela au cours d'algorithmique.

```
classe Durée
 public:
    constructeur Durée(secondes : entier)
    constructeur Durée(heure, minute, seconde : entiers)

    méthode getJour() → entier                          // nb de jours dans une durée
    méthode getHeure() → entier                         // entier entre 0 et 23 inclus
    méthode getMinute() → entier                        // entier entre 0 et 59 inclus
    méthode getSeconde() → entier                       // entier entre 0 et 59 inclus

    méthode getTotalHeures() → entier                   // Le nombre total d'heures
    méthode getTotalMinutes() → entier                  // Le nombre total de minutes
    méthode getTotalSecondes() → entier                 // Le nombre total de secondes

    méthode ajouter(autreDurée : Durée)
    méthode différence(autreDurée : Durée) → Durée
    méthode plusPetit(autreDurée : Durée) → booléen
fin classe
```

Quelques remarques

- On a deux constructeurs, ce qui offre plus de souplesse pour initialiser un objet. On parle de « **surcharge** » des constructeurs.
- Faisons bien la distinction entre les méthodes getXXX() et getTotalXXX(). Par exemple, la méthode getMinute() retourne la valeur de la composante « minutes » dans une représentation HMS tandis que la méthode getTotalMinutes() retourne le nombre total de minutes entières pour cette durée. Ex : pour 1h23'12", getMinute() retourne 23 et getTotalMinutes() retourne 83. Idem avec les heures et les secondes.
- Les méthodes getTotalXXX() retournent le nombre (toujours entier) de XXX contenus dans la durée. Exemple, avec la durée 0h23'52", getTotalMinutes() retourne 23 et pas 24 (autrement dit, il n'y a pas d'arrondi vers le haut).
- Il n'y a pas de *mutateur* (setXXX()). Ce qui signifie qu'on ne peut pas changer directement la valeur de l'objet après son initialisation. Les seules modifications viendront de la méthode ajouter(). On aurait pu définir des mutateurs mais nous n'avons pas jugé utile de le faire dans ce cas précis. Vous verrez dans le cours de Java des motivations à ce choix.
- La méthode ajouter() ne retourne rien. En effet, elle ajoute la durée à l'objet sur lequel est appelée la méthode. C'est un choix ; on aurait aussi pu dire que la méthode ne modifie pas l'objet mais en retourne un autre qui représente la somme. Dans ce cas, on l'aurait plutôt appelée « plus( ) ».
- La méthode différence(), elle, renvoie toujours une durée (positive).
- Nous ne définissons pas de méthode d'affichage similaire au toString() qu'on retrouve en Java. L'affichage correct de l'information ne fait pas partie des préoccupations de ce cours. On supposera que "**afficher** objet" affiche correctement les données associées à l'objet.

2.2.3 La représentation de l'état (les attributs)

La question suivante est : « Comment représenter une durée en interne ? ». Plusieurs possibilités existent. Par exemple :

- ▷ via le nombre d'heures, de minutes et de secondes
- ▷ via le nombre total de secondes
- ▷ via une chaine, par exemple au format « HH : MM : SS » où HH pourrait éventuellement excéder 23.

Le premier choix semble le plus évident mais réfléchissons-y de plus près. D'une part, pourquoi se limiter aux heures. On pourrait introduire un champ 'jour' (après tout on a bien une méthode getJour()). Quel critère doit vraiment nous permettre de décider ? Il faut une représentation qui soit suffisante (tout est représenté) et qui permette d'écrire des méthodes lisibles et si possible efficaces (c'est-à-dire où le calcul est rapide). Selon ces critères, la deuxième représentation est de loin la meilleure.

Voilà comment nous indiquons les attributs d'une classe.

```
classe Durée
 privé:
    totalSecondes : entier
 public:
    // Ici viennent les constructeurs et les méthodes
fin classe
```

Pour rappel de votre cours de langage, ce qui est privé n'est pas utilisable directement par du code extérieur à la classe. Un code extérieur, manipulant des objets de cette classe, ne peut utiliser que ce qui est public.

2.2.4 L'implémentation

On est à présent prêt pour écrire le code des méthodes. Pour une meilleure lisibilité, nous gardons les signatures des méthodes dans la classe et nous détaillons leur contenu en dehors. Ce qui donne :

```
classe Durée
 privé:
    totalSecondes : entier
 public:
    constructeur Durée(secondes : entier)
    constructeur Durée(heure, minute, seconde : entiers)

    méthode getJour() → entier                          // nb de jours dans une durée
    méthode getHeure() → entier                          // entier entre 0 et 23 inclus
    méthode getMinute() → entier                         // entier entre 0 et 59 inclus
    méthode getSeconde() → entier                        // entier entre 0 et 59 inclus

    méthode getTotalHeures() → entier                     // Le nombre total d'heures
    méthode getTotalMinutes() → entier                   // Le nombre total de minutes
    méthode getTotalSecondes() → entier                  // Le nombre total de secondes

    méthode ajouter(autreDurée : Durée)
    méthode différence(autreDurée : Durée) → Durée
    méthode plusPetit(autreDurée : Durée) → booléen
fin classe
```

```
constructeur Durée(secondes : entier)
    si secondes < 0 alors
        erreur "paramètre négatif" [a]
    fin si
    totalSecondes ← secondes
fin constructeur

constructeur Durée(heure, minute, seconde : entiers)
    si heure < 0 OU minute < 0 OU seconde < 0 OU minute>59 ou seconde>59 alors
        erreur "un des paramètres est invalide"
    fin si
    totalSecondes ← 3600*heure + 60*minute + seconde
fin constructeur

// Retourne le nombre de jours dans une représentation JJ/HH :MM :SS
méthode getJour() → entier
    retourner totalSecondes DIV (3600*24)
fin méthode

// Retourne le nombre d'heures dans une représentation JJ/HH :MM :SS
méthode getHeure() → entier
    // On doit enlever les jours éventuels
    retourner (totalSecondes DIV 3600) MOD 24
fin méthode

// Retourne le nombre de minutes dans une représentation JJ/HH :MM :SS
méthode getMinute() → entier
    // On doit enlever les heures éventuelles
    retourner (totalSecondes DIV 60) MOD 60
fin méthode

// Retourne le nombre de secondes dans une représentation JJ/HH :MM :SS
méthode getSeconde() → entier
    // On doit enlever les minutes éventuelles
    retourner totalSecondes MOD 60
fin méthode

// Retourne le nombre entier d'heures complètes
méthode getTotalHeures() → entier
    retourner totalSecondes DIV 3600
fin méthode

// Retourne le nombre entier de minutes complètes
méthode getTotalMinutes() → entier
    retourner totalSecondes DIV 60
fin méthode

// Retourne le nombre entier de secondes complètes
méthode getTotalSecondes() → entier
    retourner totalSecondes
fin méthode

méthode ajouter(autreDurée : Durée)
    totalSecondes ← totalSecondes + autreDurée.totalSecondes
fin méthode

méthode différence(autreDurée : Durée) → Durée
    retourner nouvelle Durée(valeurAbsolue(totalSecondes - autreDurée.totalSecondes))
fin méthode

méthode plusPetit(autreDurée : Durée) → booléen
    retourner totalSecondes < autreDurée.totalSecondes
fin méthode
```

a. L'instruction **erreur** indique que l'algorithme ne peut pas poursuivre normalement. Il s'arrête avec un message d'erreur.

2.2.5 Utilisation

Pour utiliser le nouveau type de donnée créé, il faut l'instancier, c'est-à-dire créer un nouvel objet de ce type. Nous allons utiliser le mot clé **nouveau** (ou **nouvelle** si vous jugez utile d'accorder avec le type) pour rester très proche de Java.

Illustrons cela au travers d'un petit algorithme qui calcule la différence entre deux durées.

```
algorithme diffDurée()
    durée1, durée2 : Durée                          // Les variables sont déclarées/créées
    durée1 ← nouvelle Durée(3, 4, 49)                          // Les objets sont créés
    durée2 ← nouvelle Durée(3, 24, 37)                         // Les objets sont créés
    afficher durée2.différence(durée1)
fin algorithme
```

2.3 Quelques éléments de syntaxe

Clarifions certaines notations liées aux objets.

- ▷ Pour un attribut brol, on choisira de nommer l'accesseur[2] getBrol et le mutateur[3] setBrol. Dans le cas particulier d'un attribut booléen, on pourra appeler l'accesseur isBrol ou encore estBrol.
- ▷ On peut directement afficher un objet. Cela affiche l'état d'un objet d'une façon claire pour l'utilisateur[4].

```
rendezVous : Durée
rendezVous ← nouvelle Durée(14, 23, 56)
afficher rendezVous                    // affichera 14, 23 et 56 dans un format lisible.
```

- ▷ De même, on peut directement lire un objet, ce qui a pour effet de créer un objet avec un état correspondant aux valeurs lues pour ses attributs.

```
rendezVous : Durée
demander rendezVous
```

- ▷ La comparaison de deux objets est toujours un problème délicat en orienté objet. Nous nous baserons ici sur les conventions Java et utiliserons la notation o1.égale(o2) quand il s'agira de vérifier que o1 et o2 sont dans le même état, c'est-à-dire que leurs attributs ont la même valeur.
- ▷ Lorsqu'on déclare un objet, il n'est pas encore créé. On peut utiliser la valeur spéciale « rien » pour indiquer ou tester qu'un objet n'est pas encore créé.

```
parcours : Durée                                                    // parcours = rien
parcours ← nouvelle Durée( 14, 23, 56 )                             // parcours ≠ rien
si parcours ≠ rien alors
    parcours ← rien                                                 // parcours = rien
fin si
```

- ▷ Si une classe ne propose pas de constructeur, on peut néanmoins instancier un objet (via **nouveau** NomClasse()). On considère dans ce cas que les attributs ne sont pas initialisés.

2. Pour rappel, un *accesseur* est une méthode donnant la valeur d'un attribut.
3. Pour rappel, un *mutateur* est une méthode permettant de modifier la valeur d'un attribut.
4. Le format précis n'est pas spécifié car il n'est pas important pour ce cours.

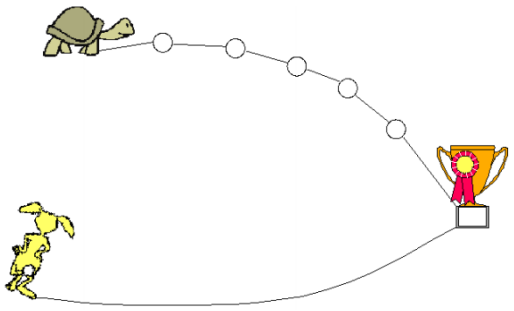
2.4 Mise en pratique : le lièvre et la tortue

Partons d'un petit jeu, « Le lièvre et la tortue » [5], et voyons comment le coder en OO.

2.4.1 Description du jeu

Un lièvre et une tortue font une course. Le lièvre est plus rapide que la tortue. Pour donner plus de chance à la tortue de gagner une course de 6 km, on adopte la règle de jeu suivante :

- ▷ On lance un dé.
- ▷ Si le 6 sort, le lièvre est autorisé à démarrer et gagne la course ; sinon on laisse la tortue avancer d'un kilomètre.
- ▷ On recommence le procédé jusqu'à la victoire du lièvre ou de la tortue.



2.4.2 Solution non orientée objet

Pour ne pas aller trop vite et vous perdre tout de suite, commençons par une version non orientée objet du jeu.

Représenter le jeu

Il faut d'abord se poser cette question : Comment représenter le jeu ? Une représentation du jeu doit être complète. C'est-à-dire qu'à partir de cette représentation, on doit pouvoir indiquer exactement où on en est dans le jeu et pouvoir le poursuivre.

Pour le dire autrement, imaginons qu'on joue à ce jeu « en vrai », sur une table de jeu. La représentation informatique doit capturer tout ce qui est pertinent dans le jeu physique de sorte que, si on range la boite de jeu, on peut, le lendemain, reconstruire le jeu exactement comme il était.

Dans notre exemple, cela veut dire quoi ?

La tortue
: On doit pouvoir savoir où elle en est dans son avancée. Un petit entier (de 0 à 6) reprenant son avancée en km suffit. Appelons-le avancéeTortue par exemple.

Le lièvre
: Pendant le jeu, il est en permanence au départ et lorsque sort un 6, il atteint directement l'arrivée. Plusieurs possibilités s'offrent à nous :

1. On pourrait imaginer un entier valant 0 ou 6, appelé avancéeLièvre.
2. On pourrait aussi imaginer un booléen à vrai lorsqu'il est au départ et faux lorsqu'il est à l'arrivée. On pourrait l'appeler lièvreAuDépart.

5. Lu sur le net : http://mathemathieu.free.fr/2b/doc/pb_algo/problemes_et_algorithmique.pdf (site désormais inaccessible)

3. Ou encore un booléen ayant exactement le sens inverse. Le nom devra être choisi judicieusement pour ne pas induire le lecteur en erreur. Par exemple, ici, on pourrait choisir lièvreArrivé.

Ici, le troisième choix nous semble le plus pertinent.

Le dé
Un entier de 1 à 6 suffit pour représenter le résultat d'un dé. Appelons-le simplement dé.

Les joueurs
Si on observe un jeu physique, on peut s'attarder sur les personnes en train de jouer. Faut-il les représenter ? On pourrait imaginer de connaitre leur nom, le nombre de fois qu'elles ont joué à ce jeu, leur nombre de victoires. Dans l'énoncé, rien n'indique qu'il faille tenir compte de tout cela. On s'intéresse au jeu proprement dit, et c'est tout.

Le plateau
On peut imaginer que dans le jeu physique, il y aurait une sorte de plateau avec des km indiqués sur lequel avancerait la tortue. Mais il n'y a aucune information changeante sur ce plateau qui vaille la peine d'être retenue.

Un macro algorithme

Avant de se lancer dans l'écriture d'une solution détaillée du jeu, commençons par une solution non détaillée et voyons si tout semble clair et faisable.

```
algorithme jeuLièvreTortue()
    Initialiser le jeu
    tant que le jeu n'est pas fini faire
        Lancer le dé
        si le dé est 6 alors
            Le lièvre est arrivé
        sinon
            La tortue avance
        fin si
        afficher l'état du jeu
    fin tant que
    afficher le vainqueur
fin algorithme
```

Détailler l'algorithme

Repassons à présent sur l'algorithme et vérifions que nous pouvons détailler chacun des points restés généraux.

- **Initialiser le jeu.** Il suffit de placer la tortue en 0 et d'indiquer que le lièvre n'est pas encore arrivé. La valeur initiale du dé n'a pas d'importance.
- **Le jeu n'est pas fini.** Le jeu sera fini lorsque le lièvre sera arrivé (ce qu'on peut tester grâce au booléen lièvreArrivé) ou que la tortue sera au km 6.
- **Lancer le dé.** C'est trivial si on utilise l'algorithme hasard() à notre disposition.
- **Le lièvre est arrivé.** Il suffit de mettre le booléen lièvreArrivé à vrai.
- **La tortue avance.** C'est trivial.
- **Afficher l'état du jeu.** À savoir, sur quelle face est tombé le dé et où se trouvent à présent le lièvre et la tortue.
- **Afficher le vainqueur.** Ce sera le lièvre si son booléen est à vrai et la tortue sinon (dans ce cas, son avancée sera forcément de 6 puisque le jeu est fini).

Au final, on obtient :

```
algorithme jeuLièvreTortue()
    avancéeTortue : entier
    lièvreArrivé : booléen
    dé : entier

    avancéeTortue ← 0
    lièvreArrivé ← faux

    tant que avancéeTortue < 6 ET NON lièvreArrivé faire
        dé ← hasard(6)
        si dé = 6 alors
            lièvreArrivé ← vrai
        sinon
            avancéeTortue ← avancéeTortue + 1
        fin si
        afficher dé, avancéeTortue, lièvreArrivé
    fin tant que

    si lièvreArrivé alors
        afficher "Le lièvre a gagné"
    sinon
        afficher "Le tortue a gagné"
    fin si
fin algorithme
```

2.4.3 Solution orientée objet

Voyons à présent ce que ça pourrait donner si on introduit de l'orienté objet. Examinons d'abord les objets physiques du jeu.

La tortue

On peut envisager de définir une classe pour la tortue. Une tortue a une avancée. Au départ, elle est au kilomètre 0. Elle peut avancer d'un kilomètre à la fois. Elle a fini et gagne lorsqu'elle arrive au kilomètre 6.

```
classe Tortue
 privé:
    avancée : entier
 public:
    constructeur Tortue()
        avancée ← 0
    fin constructeur

    méthode avancer()
        avancée ← avancée + 1
    fin méthode

    méthode estArrivée() → booléen
        retourner avancée = 6
    fin méthode

    méthode getAvancée() → entier
        retourner avancée
    fin méthode
fin classe
```

Remarquez qu'on n'introduit pas de mutateur car on veut que la tortue n'avance qu'en respectant les règles du jeu.

Le lièvre

On peut appliquer la même démarche pour le lièvre qui aurait un attribut booléen indiquant s'il est arrivé ou pas.

Le dé

Le dé est également un objet de notre jeu et peut être défini via une classe.

```
classe Lièvre
 privé:
    arrivé : booléen
 public:
    constructeur Lièvre()
        arrivé ← faux
    fin constructeur

    méthode avancer()
        arrivé ← vrai
    fin méthode

    méthode estArrivé() → booléen
        retourner arrivé
    fin méthode
fin classe
```

```
classe Dé
 privé:
    valeur : entier
 public:
    constructeur Dé()
    fin constructeur

    méthode lancer()
        valeur ← hasard(6)
    fin méthode

    méthode getValeur() → entier
        retourner valeur
    fin méthode
fin classe
```

L'algorithme du jeu

L'algorithme du jeu peut être récrit en utilisant les trois classes qu'on vient de définir.

```
algorithme jeuLièvreTortue()
    tortue : Tortue
    lièvre : Lièvre
    dé : Dé

    tortue ← nouvelle Tortue()
    lièvre ← nouveau Lièvre()
    dé ← nouveau Dé()

    tant que NON tortue.estArrivée() ET NON lièvre.estArrivé() faire
        dé.lancer()
        si dé.getValeur()=6 alors
            lièvre.avancer()
        sinon
            tortue.avancer()
        fin si
        afficher dé.getValeur(), tortue.getAvancée(), lièvre.estArrivé()
    fin tant que

    si lièvre.estArrivé() alors
        afficher "Le lièvre a gagné"
    sinon
        afficher "Le tortue a gagné"
    fin si
fin algorithme
```

Est-ce une bonne idée d'avoir défini ces trois classes ? C'est une question qu'il est légitime de se poser quand les classes sont aussi simples. Remarquons toutefois que le code est plus modulaire et que la méthode principale est plus facile à lire.

La classe Dé se justifie d'autant plus qu'elle pourra probablement servir à de nombreuses occasions. Ce sera encore plus le cas si on la généralise à des dés qui n'ont pas forcément 6 faces.

```
classe Dé
 privé:
    nbFaces : entier
    valeur : entier
 public:
    constructeur Dé(nf : entier)
        nbFaces ← nf
    fin constructeur

    méthode lancer()
        valeur ← hasard(nbFaces)
    fin méthode

    méthode getValeur() → entier
        retourner valeur
    fin méthode
fin classe
```

Dans l'algorithme principal, le seul changement est la création du dé qui devient :

```
dé ← nouveau Dé(6)
```

2.4.4 Solution MVC (« Modèle-Vue-Contrôleur »)

Dans la version OO qu'on vient de voir, on a introduit trois classes mais il reste tout un morceau, l'algorithme principal, qui n'est pas OO. Peut-on aller plus loin dans l'OO ? Bien sûr ! Mais il y a de bonnes et de mauvaises façons de le faire.

La mauvaise approche est de simplement mettre l'algorithme principal dans une classe. Ce qui donnerait :

```
classe LièvreTortue
    constructeur LièvreTortue()
    fin constructeur

    méthode jouer()
        // Idem algorithme jeuLièvreTortue() ci-avant
    fin méthode
fin classe
```

Ce qui réduirait l'algorithme principal à :

```
algorithme jeuLièvreTortue()
    jeu : LièvreTortue
    jeu ← nouveau LièvreTortue()
    jeu.jouer()
fin algorithme
```

ou même, en se passant de la variable locale :

```
algorithme jeuLièvreTortue()
    (nouveau LièvreTortue()).jouer()
fin algorithme
```

Cette approche est correcte mais n'exploite en rien les avantages de l'OO. Une meilleure idée est de suivre l'approche MVC que nous allons vous expliquer.

Dans l'approche MVC, on découpe le code en différentes parties. La partie « modèle » regroupe les bouts de code qui font vraiment quelque chose (on parle de « métier ») tandis que la partie « vue » regroupe les bouts de code qui interagissent avec l'utilisateur (demandes et affichages). La partie « contrôleur », quant à elle, conserve le code qui fait le lien entre le modèle et la vue.

Si on respecte cette approche, le métier ne contient **aucune** interaction avec l'utilisateur et la vue ne s'occupe **que** de l'interaction avec l'utilisateur. Il y a là de nombreux avantages :

- ▷ Les compétences pour écrire le modèle (connaissance du métier, accès à des bases de données...) et le dialogue avec les utilisateurs (ergonomie, graphisme...) ne sont pas les mêmes. On peut donc confier ces parties à des équipes spécialisées.
- ▷ On pourra facilement changer le dialogue avec l'utilisateur. Ainsi, si on possède une version console du jeu, il suffira, pour en faire une autre version (console, graphique, web...) de recommencer la vue (et probablement d'adapter le contrôleur) sans toucher au modèle.

Le modèle. Dans notre exemple, le modèle contiendrait les algorithmes suivants :

- ▷ Initialiser le jeu : placer la tortue et le lièvre à leur position de départ.
- ▷ Jouer un coup : lancer le dé et déplacer le lièvre ou la tortue.
- ▷ Tester si le jeu est fini ou pas.
- ▷ Trouver le vainqueur.

Chacun de ces algorithmes est implémenté par une méthode (sauf l'initialisation qui est du ressort du constructeur). Au niveau des attributs, on retrouve les éléments du jeu : le lièvre, la tortue et le dé. [6]

Ce qui donne :

```
classe LièvreTortue
 privé:
    tortue : Tortue
    lièvre : Lièvre
    dé : Dé
 public:
    constructeur LièvreTortue()
    méthode estFini() → booléen
    méthode jouerCoup()
    méthode getVainqueur() → chaine
    // + les accesseurs (getLièvre(), getTortue() et getDé()) des attributs mais pas les mutateurs
fin classe
```

```
constructeur LièvreTortue()
    tortue ← nouvelle Tortue()
    lièvre ← nouveau Lièvre()
    dé ← nouveau Dé(6)
fin constructeur

méthode estFini() → booléen
    retourner tortue.estArrivée() OU lièvre.estArrivé()
fin méthode
```

6. Une autre façon de voir les choses est de dire qu'on trouve en attributs les variables locales de la version non OO qui sont partagées par les différentes méthodes. Ici, il s'agit de toutes les variables locales mais ce n'est pas toujours le cas. Le dé, par exemple, n'est un attribut que parce que la vue voudra le connaitre pour le montrer à l'utilisateur. Sans cela, il pourrait être une variable locale de la méthode jouerCoup().

```
méthode jouerCoup()
    dé.lancer()
    si dé.getValeur()=6 alors
        lièvre.avancer()
    sinon
        tortue.avancer()
    fin si
fin méthode

méthode getVainqueur() → chaine
    si lièvre.estArrivé() alors
        retourner "Lièvre"
    sinon si tortue.estArrivée() alors
        retourner "Tortue"
    sinon
        retourner "Aucun, partie en cours"
    fin si
fin méthode
```

Remarque : Dans un langage comme JAVA, la méthode getVainqueur() pourrait lancer une `IllegalStateException` si elle est appelée avant que la partie ne soit finie.

La vue. Avec notre exemple, plutôt simple, il n'y a pas de lecture mais il reste des affichages :

- ▷ Afficher l'état du jeu après un coup : valeur du dé et nouvelles positions du lièvre et de la tortue.
- ▷ Afficher le vainqueur.

Cet exemple est probablement trop simple pour nécessiter une classe[7]. On pourrait se contenter de deux algorithmes classiques.

```
algorithme afficherÉtat(jeu : LièvreTortue)
    afficher jeu.getDé().getValeur()
    afficher jeu.getTortue().getAvancée()
    afficher jeu.getLièvre().estArrivé()
fin algorithme

algorithme afficherVainqueur(jeu : LièvreTortue)
    afficher "Le gagnant est : ", jeu.getVainqueur()
fin algorithme
```

Le contrôleur. Le contrôleur est ce qui n'a pas été placé dans la vue ou le modèle, c'est-à-dire le code qui crée la dynamique entre tous ces éléments.

```
algorithme jeuLièvreTortue()
    jeu : LièvreTortue
    jeu ← nouveau LièvreTortue()
    tant que NON jeu.estFini() faire
        jeu.jouerCoup()
        afficherÉtat(jeu)
    fin tant que
    afficherVainqueur(jeu)
fin algorithme
```

Remarquez la concision et la lisibilité de ce qu'on vient d'écrire.

7. Une erreur classique est de placer ces algorithmes dans les classes associées du modèle car cela contrevient à la règle : aucune interaction utilisateur dans le modèle.

Chapitre 3

La liste

Imaginons que l'on désire manipuler par programme une liste de contacts ou encore une liste de rendez-vous. Cette liste va varier ; sa taille n'est donc pas fixée. Utiliser un tableau à cet effet n'est pas l'idéal. En effet, la taille d'un tableau ne peut plus changer une fois le tableau créé. Il faudrait le surdimensionner, ce qui n'est pas économe.

Il serait intéressant de disposer d'une structure qui offre toutes les facilités d'un tableau tout en pouvant « grandir » si nécessaire. Construisons une telle structure de données et appelons-la « Liste » pour rester en phase avec son appellation commune en Java.

Par exemple, considérons une liste de courses. On pourrait la représenter ainsi :

1. "fromage"
2. "pain"
3. "salami"

On pourrait ajouter un élément en fin de liste, par exemple de l'eau, pour obtenir la liste :

1. "fromage"
2. "pain"
3. "salami"
4. "eau"

On pourrait aussi supprimer un élément de la liste, par exemple le pain, et obtenir :

1. "fromage"
2. "salami"
3. "eau"

On pourrait aussi insérer un élément dans la liste, par exemple une baguette, ce qui décale, de facto, la position des suivants.

1. "fromage"
2. "salami"
3. "baguette"
4. "eau"

Et encore plein de choses que nous allons détailler.

3.1 La classe Liste

Intéressons-nous au comportement qu'on attend d'une liste, c'est-à-dire les méthodes qu'elle doit fournir. Ce comportement sera identique quel que soit le type des éléments de la liste ; une liste de chaines et une liste d'entiers ne se distinguent que par le type de certains paramètres et valeurs de retour. Ici, nous indiquons T pour indiquer un type quelconque ; vous pouvez le remplacer par ce qui vous convient : entier, chaine, Date...

```
classe Liste de T                                              // T est un type quelconque
 public:
    constructeur Liste de T()                                  // construit une liste vide
    méthode get(pos : entier) → T                              // donne un élément en position pos
    méthode set(pos : entier, valeur : T)                      // modifie un élément en position pos
    méthode taille() → entier                                  // donne le nombre actuel d'éléments
    méthode ajouter(valeur : T)                                // ajoute un élément en fin de liste
    méthode insérer(pos : entier, valeur : T)                  // insère un élément en position pos
    méthode supprimer()                                        // supprime le dernier élément
    méthode supprimerPos(pos : entier)                         // supprime l'élément en position pos
    méthode supprimer(valeur : T) → booléen                    // supprime l'élément de valeur donnée
    méthode vider()                                            // vide la liste
    méthode estVide() → booléen                                // la liste est-elle vide ?
    méthode existe(valeur ↓ : T, pos ↑ : entier) → booléen     // recherche un élément
fin classe
```

Quelques précisions s'imposent :

- Les méthodes « get » et « set » permettent de connaitre ou modifier un élément de la liste. On considère, au cours d'algorithmique, que le premier élément de la liste est en position 0.
- « ajouter » ajoute un élément en fin de liste (elle grandit donc d'une unité)
- « insérer » insère un élément à une position donnée (entre 0 et taille-1). L'élément qui s'y trouvait est décalé d'une position ainsi que tous les éléments suivants.
- La méthode « supprimerPos » supprime un élément d'une position donnée en décalant les éléments suivants. On pourrait imaginer une technique plus rapide consistant à placer le dernier élément à la place de l'élément supprimé mais ce faisant on changerait l'ordre relatif des éléments ce qui va à l'encontre de l'idée intuitive qu'on se fait d'une liste. Cette amélioration pourrait plutôt s'envisager dans une structure de type **ensemble** pour lequel il n'y a pas d'ordre relatif entre les éléments.
- La version de « supprimer » avec une valeur en paramètre enlève un élément de valeur donnée. Elle retourne un booléen indiquant si la suppression a pu se faire ou pas (ce qui sera le cas si la valeur n'est pas présente dans la liste). Si la valeur existe en plusieurs exemplaires, on prendra la convention arbitraire que la méthode n'en supprime que la première occurrence.
- La méthode « existe » permet de savoir si un élément donné existe dans la liste.
  - si c'est le cas, elle précise aussi sa position dans le paramètre sortant pos
  - si l'élément n'existe pas, ce paramètre est indéterminé
  - si l'élément est présent en plusieurs exemplaires, la méthode donne la position de la première occurrence.
- En pratique, il serait intéressant de chercher un élément à partir d'une partie de l'information qu'elle contient mais c'est difficile à exprimer de façon générique c'est-à-dire lorsque le type n'est pas connu à priori.

Exemple : manipulations de base

Soit l'algorithme suivant :

```
algorithme ex1()
    l : Liste d'entiers
    l ← nouvelle Liste d'entiers()
    l.ajouter(42)
    l.ajouter(54)
    l.set(1,44)
    l.insérer(1,43)
    l.supprimerPos(2)
    l.supprimer(42)
    l.vider
fin algorithme
```

Après sa création, la liste est vide. Ensuite, elle passe par les états suivants :

0. 42	0. 42	0. 42	0. 42	0. 42	0. 43
	1. 54	1. 44	1. 43	1. 43	
			2. 44		

Enfin, le dernier appel la vide complètement

Exemple : afficher une liste

Écrivons l'algorithme qui affiche tous les éléments d'une liste, reçue en paramètre.

```
algorithme afficher(liste : Liste d'entiers)
    pour i de 0 à liste.taille()-1 faire
        afficher liste.get(i)
    fin pour
fin algorithme
```

Exemple : recherche du minimum

Dans le chapitre sur les tableaux, vous avez fait un exercice consistant à afficher tous les indices où se trouve le minimum d'un tableau. Reprenons-le et modifions-le afin qu'il retourne la liste des indices où se trouvent les différentes occurrences du minimum. On pourrait l'écrire ainsi :

```
algorithme indicesMinimum(tab : tableau de n entiers) → Liste d'entiers
    min : entier
    indicesMin : Liste d'entiers
    min ← tab[0]
    indicesMin ← nouvelle Liste d'entiers()
    indicesMin.ajouter( 0 )
    pour i de 1 à n-1 faire
        si tab[i] = min alors
            indicesMin.ajouter( i )
        sinon si tab[i] < min alors
            indicesMin.vider()
            indicesMin.ajouter( i )
            min ← tab[i]
        fin si   // rien à faire si tab[i] > min
    fin pour
    retourner indicesMin
fin algorithme
```

3.2 Exercices

1 Manipulation d'une liste

Écrire un algorithme qui crée la liste suivante :

0. 494
1. 209
2. 425

affiche sa taille, demande si la valeur 425 est présente, supprime la valeur 209 puis insère la valeur 101 en tête de liste.

2 Liste des premiers entiers

Écrire un algorithme qui reçoit un entier n en paramètre et retourne la liste contenant les entiers de 1 à n dans l'ordre décroissant. On peut supposer que n est strictement positif.

3 Somme d'une liste

Écrire un algorithme qui calcule la somme des éléments d'une liste d'entiers.

4 Anniversaires

Écrire un algorithme qui reçoit une liste de structure Personne (nom + prénom + date de naissance) et retourne la liste de ceux qui sont nés durant un mois passé en paramètre (donné sous la forme d'un entier entre 1 et 12).

5 Concaténation de deux listes

Écrire un algorithme qui reçoit 2 listes et ajoute à la suite de la première les éléments de la seconde ; la seconde liste n'est pas modifiée par cette opération.

6 Le nettoyage

Écrire un algorithme qui reçoit une liste de chaines en paramètre et supprime de cette liste tous les éléments de valeur donnée en paramètre. L'algorithme retournera le nombre de suppressions effectuées.

7 Les extrêmes

Écrire un algorithme qui supprime le minimum et le maximum des éléments d'une liste d'entiers. On peut supposer que le maximum et le minimum sont uniques.

8 Fusion de deux listes

Soit deux listes **triées** d'entiers (redondances possibles). Écrire un algorithme qui les fusionne. Le résultat est une liste encore triée contenant tous les entiers des deux listes de départ (qu'on laisse inchangées).

Exemple : Si les 2 listes sont (1, 3, 7, 7) et (3, 9), le résultat est (1, 3, 3, 7, 7, 9).

9 Éliminer les doublons d'une liste

Soit une liste **triée** d'entiers avec de possibles redondances. Écrire un algorithme qui enlève les redondances de la liste.

Exemple : Si la liste est (1, 3, 3, 7, 8, 8, 8), le résultat est (1, 3, 7, 8).

a) Faites l'exercice en créant une **nouvelle liste** (la liste de départ reste inchangée)

b) Refaites l'exercice en **modifiant** la liste de départ (pas de nouvelle liste)

10 Rendez-vous

Soit la structure RendezVous composée d'une date (cf. la structure Date du cours de DEV1) et d'un motif de rencontre.

```
structure RendezVous
    date : Date
    motif : Chaine
fin structure
```

Écrire un algorithme qui reçoit une liste de rendez-vous et la met à jour en supprimant tous ceux qui sont désormais passés.

Pour résoudre cet exercice, vous pouvez utiliser sans l'écrire un algorithme aujourdhui() qui retourne la date du jour.

Chapitre 4

Les traitements de rupture

Dans ce chapitre, nous allons étudier une classe de problèmes qui peuvent tous se résoudre avec un même type d'algorithme : l'algorithme de rupture.

Considérons un problème comme celui-ci :

> *« Soit une liste d'étudiants, où un étudiant est représenté par un objet reprenant son nom, son numéro, son option et son année. Écrire un algorithme qui compte le nombre d'étudiants dans chaque section et, plus précisément, dans chaque année de chaque section. »*

Nous verrons que l'algorithme de rupture sera adapté à la résolution de ce problème lorsque la liste est triée d'une certaine manière. C'est pourquoi nous allons commencer par parler du *classement complexe* des éléments.

À la fin du chapitre vous devrez être capable de :

- ▷ Détecter qu'on se trouve bien face à un problème qui peut entrer dans le cadre d'un algorithme de rupture et identifier si le tri des éléments est adéquat.
- ▷ Adapter le squelette général de l'algorithme de rupture au problème donné.

4.1 Le classement complexe

Introduction

Dans le chapitre sur les tris du cours d'algorithmique I (DEV1), vous avez abordé naturellement la notion du classement des données. Néanmoins, les données étaient « simples » : nombres ou chaines, pour lesquelles la relation d'ordre est évidente. Les algorithmes mis en œuvre peuvent facilement s'adapter pour d'autres types, par exemple des objets Date, où l'opérateur de comparaison est remplacé par la méthode « estAntérieure() ».

Mais, plus généralement, les données composées de plusieurs champs (les structures) ou attributs (les objets) ne possèdent pas de relation d'ordre naturelle. C'est le cas, par exemple, des points d'un espace à deux ou trois dimensions ou encore des informations figurant sur une carte d'identité. Si on veut ordonner une série de telles données, il faudra choisir un premier critère de classement (par exemple le nom ou la date de naissance) et en cas d'égalité sur le premier critère (deux personnes peuvent avoir un même nom ou être nées le même jour), il faudra départager sur un second critère, et ainsi de suite.

Ces critères de classement sont bien entendu arbitraires, et dépendent de l'information qu'on veut retirer de l'ensemble des données. Notons aussi que l'ordre de classement peut être, pour chaque critère, croissant ou décroissant.

Exemple de classement simple

Prenons l'exemple d'une structure `Etudiant`, contenant les champs `matricule`, `nom`, `prénom`, `dateNaissance` et `option` (G, I ou R). Pour l'exemple, considérons une liste de 6 étudiants :

matricule	nom	prénom	dateNaissance	option
29845	Durant	Kevin	20/01/94	R
30125	Dupont	Fabrice	13/06/94	G
30351	Simon	André	18/11/94	G
30597	Dupont	Charles	9/07/94	G
31857	Guilmant	Léon	17/03/96	R
31886	Durant	Sam	30/05/94	I

Cette liste est classée sur le numéro de matricule. C'est un classement simple réalisé sur un seul champ des données. Le numéro de matricule étant dans ce cas-ci un **identifiant** des données, le problème de devoir départager ne se pose pas.

Exemple de classement double

Si nous désirons à présent classer sur l'ordre alphabétique des noms, il faut décider de départager, en cas de noms identiques, sur un autre champ, de façon naturelle sur celui des prénoms. Ceci donnerait le classement double suivant, en **majeur** sur le nom et en **mineur** sur le prénom :

matricule	nom	prénom	dateNaissance	option
30597	Dupont	Charles	9/07/94	G
30125	Dupont	Fabrice	13/06/94	G
29845	Durant	Kevin	20/01/94	R
31886	Durant	Sam	30/05/94	I
31857	Guilmant	Léon	17/03/96	R
30351	Simon	André	18/11/94	G

Exemple de classement triple

Supposons enfin que nous voulions grouper les étudiants par sections, nous devons alors classer prioritairement sur l'option, départager sur les noms et ensuite sur les prénoms. C'est alors un classement triple : en **majeur** sur l'option, en **médian** sur le nom et en **mineur** sur le prénom :

matricule	nom	prénom	dateNaissance	option
30597	Dupont	Charles	9/07/94	G
30125	Dupont	Fabrice	13/06/94	G
30351	Simon	André	18/11/94	G
31886	Durant	Sam	30/05/94	I
29845	Durant	Kevin	20/01/94	R
31857	Guilmant	Léon	17/03/96	R

Remarque : un classement n'est pas forcément un classement alphabétique. Par exemple, dans le cas du classement sur l'option, toute autre permutation des lettres G, I, R serait un tri possible.

Résumé

Les exemples ci-dessus constituent des exemples de **classements complexes**. On dira que des données sont classées sur la **clé composée** champ 1 – champ 2 – ... – champ i – ... – champ n (où « champ i » est un champ de la structure des données) si le classement se fait prioritairement depuis le champ 1 jusqu'au champ n. Autrement dit, si deux données

ont tous leurs champs 1, 2,..., i égaux ($i < n$), le classement se fait en départageant sur le champ $i + 1$. L'indice du champ correspond au **niveau** du classement complexe.

4.2 La notion de rupture

Les algorithmes que nous allons voir peuvent s'appliquer à n'importe quel **ensemble logique** d'éléments qui peut faire l'objet d'un traitement séquentiel (les listes, les tableaux...) [1]. Les éléments peuvent être de n'importe quel **type complexe** (variables structurées, objets...). Nos exemples seront souvent pris sur des listes de variables structurées.

Nous parlons de **rupture** lorsque, dans ce traitement itératif, on constate que l'information courante que l'on souhaite traiter n'appartient plus à l'ensemble (ou au sous-ensemble) des informations déjà traitées précédemment.

Lorsque les données sont triées selon une clé complexe, il est naturel de parler de *rupture sur un champ* de ces données, ou de rupture de niveau donné (voir section suivante).

Par exemple, dans le dernier classement des étudiants ci-dessus, il y a rupture sur l'option au niveau de Durant Sam et de Durant Kevin. En effet, ces deux étudiants délimitent les sous-ensembles d'étudiants partageant une même option.

Dans le 2^{e} classement, nous pouvons parler de rupture sur les noms : l'étudiant Durant Kevin met fin au sous-ensemble des Dupont, et l'étudiant Guilmant met fin à celui des Durant.

Dans le 1er classement, qui est un classement simple sur le numéro de matricule, on peut considérer qu'il n'y a qu'un ensemble de données d'un seul tenant sans ruptures (ou avec rupture de niveau 0, voir section suivante), ou alors qu'il y a rupture à chaque étudiant, puisque chaque étudiant forme un sous-ensemble isolé par son numéro de matricule, vu qu'ils sont obligatoirement distincts (mais dans ce cas nous n'utilisons pas l'algorithme de rupture : c'est une simple itération sur la liste).

4.3 Traitement des ruptures dans une séquence ordonnée

Rupture de niveau 0

Quel que soit l'ordre de tri des données de l'ensemble parcouru séquentiellement, il est toujours possible de détecter la fin des données grâce à sa taille [2]. Cette « fin » constitue donc la rupture principale, celle signalant la fin du parcours itératif.

Sans le savoir, nous avons donc déjà traité la rupture générale d'un ensemble de données (c'est la rupture de « niveau 0 », car elle n'est pas liée à un champ des données, et est naturellement prioritaire sur ces champs). Pour illustrer cela, reprenons l'exemple de la liste d'étudiants. Le parcours de base de cet ensemble est le suivant [3] :

1. Et également les fichiers moyennant une petite adaptation liée au fait qu'on ne connait pas, dans ce cas, la taille de l'ensemble lorsqu'on commence à le traiter.
2. Ou via une marque spéciale de *fin de fichier* dans les cas des fichiers séquentiels.
3. Vous vous demandez peut-être pourquoi ne pas utiliser le « pour » ? Ce serait tout-à-fait valable dans ce cas précis mais ça ne pourra pas être généralisé lorsqu'il y a plusieurs niveaux de rupture.

```
algorithme RuptureNiveau0(etudiants : liste d'Etudiant)
    etd : Etudiant
    i : entier
    i ← 0
    tant que i < etudiants.taille() faire
        // traitement de etudiants.get(i)
        i ← i + 1
    fin tant que
fin algorithme
```

Si nous voulons faire des statistiques globales sur l'ensemble des étudiants (par ex. simplement les compter), le traitement de l'information consiste à incrémenter un compteur, et l'algorithme ci-dessus peut fonctionner quel que soit l'ordre de classement choisi.

Rupture de niveau 1

Passons à présent au « niveau 1 » ; c'est-à-dire un traitement de rupture correspondant à un classement complexe sur un champ. Imaginons que nous voulions savoir quel est le nombre d'étudiants dans chaque option. Une solution, sans algorithme de rupture, consisterait à avoir 3 compteurs, un par option. On peut imaginer une façon plus judicieuse de faire à partir du dernier classement, celui qui contient précisément les étudiants déjà groupés par option : à chaque fois qu'il y a rupture sur l'option, on peut alors connaitre le total d'étudiants dans l'option qui vient d'être parcourue. Ceci ne nécessite qu'un seul compteur remis à 0 à chaque fois qu'une nouvelle option est rencontrée, c'est-à-dire à chaque rupture. De plus l'algorithme fonctionnera quel que soit le nombre d'options. Voici une telle solution :

```
algorithme RuptureNiveau1(etudiants : liste d'Etudiant)
    // on suppose les données classées en majeur sur l'option
    etd : Etudiant
    saveOption : chaine
    cpt : entier
    i : entier
    i ← 0
    tant que i < etudiants.taille() faire
        saveOption ← etudiants.get(i).option
        cpt ← 0
        tant que i < etudiants.taille() ET etudiants.get(i).option = saveOption faire
            cpt ← cpt + 1
            i ← i + 1
        fin tant que
        afficher cpt, « étudiant dans l'option », saveOption
    fin tant que
fin algorithme
```

Questions de réflexion :

- ▷ pourquoi la condition i < etudiants.taille() apparait-elle une 2e fois dans la boucle intérieure ?
- ▷ pourquoi est-ce que i et cpt ne sont pas initialisés au même endroit ?
- ▷ pourquoi l'incrémentation de i se fait-elle dans la boucle centrale et pas ailleurs ?
- ▷ pourquoi utilise-t-on saveOption plutôt que etudiants.get(i).option dans l'instruction d'affichage ?
- ▷ l'ordre des conditions apparaissant dans le 2e « tant que » est-il important ?

Rupture de niveau 2

L'algorithme ci-dessus se généralise facilement si on ajoute davantage de niveaux de rupture. Pour illustrer le « niveau 2 », prenons encore l'exemple suivant : on veut connaitre pour chaque option le nombre d'étudiants nés dans les différentes années de naissance. L'algorithme correspondant s'écrit facilement et fonctionne lorsque les données sont, cette fois-ci, classées en majeur sur l'option et en mineur sur la date de naissance (ou encore classement double sur la clé composée option – dateNaissance) :

```
algorithme RuptureNiveau2(etudiants : liste d'Etudiant)
    // on suppose les données classées en majeur sur l'option
    // et en mineur sur la date de naissance (ordre chronologique)
    etd : Etudiant
    saveOption : chaine
    saveAnnéeNaissance : entier
    cpt : entier
    i : entier
    i ← 0
    tant que i < etudiants.taille() faire
        saveOption ← etd.option
        tant que i < etudiants.taille() ET etudiants.get(i).option = saveOption faire
            saveAnnéeNaissance ← etudiants.get(i).dateNaissance.année
            cpt ← 0
            tant que i < etudiants.taille()
                        ET etudiants.get(i).option = saveOption
                        ET etudiants.get(i).dateNaissance.année = saveAnnéeNaissance faire
                cpt ← cpt + 1
                i ← i + 1
            fin tant que
            afficher cpt, « étudiant dans l'option », saveOption, « sont nés en », saveAnneeNaissance
        fin tant que
    fin tant que
fin algorithme
```

Ces exemples montrent que l'algorithme de rupture et le tri des listes sont étroitement liés. La structure de l'algorithme épouse le schéma de la clé composée du classement des données, et à un classement déterminé correspondra un algorithme bien précis.

4.4 Traitements de clôture et d'initialisation

Chaque rupture du traitement itératif des éléments d'un ensemble entraine un **traitement de clôture** sur cet ensemble. Comme une rupture à un niveau implique des ruptures en cascade sur tous les niveaux d'ordres plus grands, un traitement de clôture d'un ensemble ne pourra se faire que lorsque le dernier sous-ensemble de cet ensemble sera clôturé.

De la même manière, l'arrivée d'un élément appartenant à un nouvel ensemble nécessite un **traitement d'initialisation** de ce nouvel ensemble.

En fait, il ne s'agit que de généraliser ce qui se fait au niveau 0 (travaux d'initialisation consistant par exemple à mettre des totalisateurs ou compteurs à zéro et travaux de clôture consistant par exemple à imprimer des résultats totaux particuliers) à tous les ensembles et sous-ensembles !

4.5 Exercices

1 La chasse au gaspi [rupture de niveau 1]

À l'ÉSI, les quantités de feuilles imprimées et photocopiées par les professeurs et les étudiants sont enregistrées à des fins de traitement. Le service technique désirant facturer les « exagérations », vous fournit une liste de toutes les impressions effectuées depuis le début de l'année. Cette liste présente la structure d'enregistrement Job suivante et est ordonnée alphabétiquement **en majeur** sur le champ login :

```
structure Job
    login : chaine
    date : date
    nombre : entier
fin structure
```

Écrire un algorithme permettant d'afficher une ligne par utilisateur dont le nombre total de feuilles imprimées dépasse une valeur limite entrée en paramètre. Cette ligne contiendra le login et le nombre.

2 Compter le nombre d'étudiants par option

Reprenons l'exemple donné pour la rupture de niveau 2 (RuptureNiveau2, page 39). Que faut-il ajouter à l'algorithme pour qu'il affiche également le nombre total d'étudiants par option ?

3 Compter les étudiants [rupture de niveau 2]

Supposons que la structure Etudiant contienne également un champ indiquant dans quel bloc se trouve l'étudiant (1, 2 ou 3). On voudrait un algorithme qui reçoit une liste d'étudiants et calcule le nombre d'étudiants dans chaque section et, par section, dans chaque bloc.

L'affichage ressemblera à :

```
Gestion
    bloc 1 : 130 étudiants
    bloc 2 : 42 étudiants
    bloc 3 : 16 étudiants
    TOTAL  : 188 étudiants
Industriel
    bloc 1 : 32 étudiants
    bloc 2 : 14 étudiants
    bloc 3 : 8 étudiants
    TOTAL  : 54 étudiants
Réseau
    bloc 1 : 82 étudiants
    bloc 2 : 31 étudiants
    bloc 3 : 13 étudiants
    TOTAL  : 126 étudiants
```

a) Quel doit-être le tri de la liste pour pouvoir résoudre cet exercice avec un algorithme de rupture ?

b) Écrire cet algorithme.

4 Les fanas d'info [rupture de niveau 2]

Une grande société d'informatique a organisé durant les douze derniers mois une multitude de concours ouverts aux membres de clubs d'informatique. Elle souhaiterait récompenser le club qui aura été le plus « méritant » durant cette période au point de vue de la participation

des membres mineurs. Chaque résultat individuel des participants (y compris des majeurs) est repris dans une liste dont les éléments sont de type Participant.

```
structure Participant
    nom : chaine                          // nom et prénom du participant
    âge : entier                          // âge du participant au moment du concours
    référence : chaine                    // référence du club auquel appartient ce participant
    numéro : entier                       // numéro du concours auquel il a participé
    résultat : entier                     // résultat obtenu lors de ce concours (sur 100)
fin structure
```

Sachant que la liste est ordonnée **en majeur sur le champ référence et en mineur sur le champ nom**, on demande d'écrire l'algorithme qui affiche les informations suivantes :

pour chaque club :

- ▷ sa référence
- ▷ pour chaque membre mineur de ce club :
  - ▷ son nom et prénom
  - ▷ la cote moyenne sur 100 des concours auquel ce membre a participé
- ▷ le nombre total de participations des membres mineurs

N.B. : un membre mineur qui s'est inscrit à un concours = une participation. Un club qui n'aura eu aucun membre mineur participant figurera quand même dans le résultat avec la mention « Pas de participation de membre mineur ». Par contre, un club dont aucun membre n'a participé au moindre concours ne sera pas affiché.

À la fin, on affichera la référence du meilleur club, à savoir celui qui a eu la plus haute cote moyenne de membres mineurs (simplifions on ne gérant pas les possibles ex-æquo).

5 Éliminer les doublons d'une liste.

Soit une liste ordonnée d'entiers avec des possibles redondances. Écrire un algorithme qui enlève les redondances de la liste. On vous demande de créer une nouvelle liste (la liste de départ reste inchangée).

Exemple : si la liste est $(1, 3, 3, 7, 8, 8, 8)$ le résultat sera $(1, 3, 7, 8)$.

6 Une suite logique

Voici une petite suite logique :

```
1
1 1
2 1
1 2 1 1
1 1 1 2 2 1
3 1 2 2 1 1
1 3 1 1 2 2 2 1
1 1 1 3 2 1 3 2 1 1
3 1 1 3 1 2 1 1 1 3 1 2 2 1
...
```

a) Comprendre la logique derrière cette suite et écrire la ligne suivante.

b) Écrire un algorithme qui reçoit une ligne (sous forme d'une liste d'entiers) et retourne la ligne suivante (sous forme d'une autre liste d'entiers). Votre première tâche sera probablement de comprendre ce que vient faire cet exercice dans le chapitre des ruptures puisque la liste n'est pas triée.

c) Écrire l'algorithme qui reçoit N (un entier) et affiche les N premières lignes de cette suite logique.

7 Alternative à la rupture

Reprenons l'exemple donné pour la rupture de niveau 1 (RuptureNiveau1, page 38). Supposons que la liste ne soit **pas** triée sur l'option. Écrivez l'algorithme qui calcule le nombre d'étudiants par option en un seul parcours de la liste (vous devrez utiliser trois compteurs distincts).

Chapitre 5

Représentation des données

Nous voici arrivés au terme de ce cours d'algorithmique. Ce chapitre apporte une synthèse des différentes notions vues tout au long de vos cours d'algorithmiques de 1re année et propose quelques pistes de réflexion quant au choix d'une bonne représentation des données qui se pose lors de la résolution de problèmes de programmation avancés.

Pour la plupart de ces exercices, la difficulté tient en partie dans le bon choix d'une représentation des données et de la démarche algorithmique la plus adéquate à mettre en œuvre pour agir sur ces données en vue d'obtenir le résultat escompté. Noter que l'efficacité d'un algorithme est liée étroitement au choix de la représentation.

5.1 Se poser les bonnes questions

Revenons à la case départ : nous avons commencé le cours d'algorithmique de DEV1 en situant les notions de **problème** et de **résolution**. Nous avons vu qu'un problème bien spécifié s'inscrit dans le schéma :

étant donné [la situation de départ] **on demande** [l'objectif]

Une fois le problème correctement posé, on peut partir à la recherche d'une **méthode de résolution**, c'est-à-dire d'un algorithme en ce qui concerne les problèmes à résoudre par les moyens informatiques.

Tout au long de l'année, nous avons vu divers modèles et techniques algorithmiques adaptés à des structures particulières (les nombres, les chaines, les tableaux, les variables structurées, les objets, les listes...). La plupart des exercices portaient directement sur ces structures (par ex. calculer la somme des nombres d'un tableau, extraire une sous-liste à partir d'une liste donnée). Ces exercices d'entrainement et de formation quelque peu théoriques constituent en fait des démarches algorithmiques de base qui trouvent toutes une place dans des problèmes plus complexes.

Mais la plupart des problèmes issus des situations de la vie courante auxquels se confronte le programmeur s'expriment généralement de manière plus floue : par ex. dresser la comptabilité des dépenses mensuelles d'une firme, faire un tableau récapitulatif du résultat des élections par cantons électoraux, faire une version informatique d'un jeu télévisé... Les exemples sont infinis !

C'est dans le cadre de ce genre de problème plus complexe que se pose le problème de la **représentation de données**. Une fois le problème bien spécifié (par les données et l'objectif) apparaissent naturellement les questions suivantes : quelles données du problème

sont réellement utiles à sa résolution ? (Il est fréquent que l'énoncé d'un problème contienne des données superflues ou inutiles). Y a-t-il des données plus importantes que d'autres ? (données principales ou secondaires). Les données doivent-elles être consultées plusieurs fois ? Quelles données faut-il conserver en mémoire ? Sous quelle forme ? Faut-il utiliser un tableau ? Une liste ? Faut-il créer une nouvelle classe ? Les données doivent-elles être classées suivant un critère précis ? Ou la présentation brute des données suffit-elle pour solutionner le problème posé ?

Les réponses ne sont pas directes, et les différents outils qui sont à notre disposition peuvent être ou ne pas être utilisés. Il n'y a pas de règles précises pour répondre à ces questions, c'est le flair et le savoir-faire développés patiemment par le programmeur au fil de ses expériences et de son apprentissage qui le guideront vers la solution la plus efficace. Parfois plusieurs solutions peuvent fonctionner sans pouvoir départager la meilleure d'entre elles.

Ce type de questionnement est peut-être l'aspect le plus délicat et le plus difficile de l'activité de programmation, car d'une réponse appropriée dépendra toute l'efficacité du code développé. Un mauvais choix de représentation des données peut mener à un code lourd et maladroit. En vous accompagnant dans la résolution des exercices qui suivent, nous vous donnerons quelques indices et pistes de réflexion, qui seront consolidées par l'expérience acquise lors des laboratoires de langages informatiques ainsi que par les techniques de modélisation vues au cours d'analyse.

5.2 Les structures de données

Rappelons brièvement les différentes structures étudiées dans ce cours :

- ▷ les **données « simples »** (variables isolées : entiers, réels, chaines, caractères, booléens) ;
- ▷ les **variables structurées**, qui regroupent en une seule entité une collection de variables simples ;
- ▷ le **tableau**, qui contient un nombre déterminé de variables de même type, accessibles via un indice ou plusieurs pour les tableaux multidimensionnels ;
- ▷ les **objets**, qui combinent en un tout une série d'attributs et des méthodes agissant sur ces attributs ;
- ▷ la **Liste**, qui peut contenir un nombre indéfini d'éléments de même type.

D'autres structures particulières s'ajouteront dans le cours d'algorithmique d'ALG3 : les listes chainées, les piles, les files, les arbres, les associations et les graphes.

Chacune de ces structures possède ses spécificités propres quant à la façon d'accéder aux valeurs, de les parcourir, de les modifier, d'ajouter ou de supprimer des éléments à la collection.

5.3 Exercices

1 La course à la case 64 à 4 joueurs

Commençons par un petit jeu très simple de course avec un dé, dont voici les règles.

> « Ce jeu se joue à 4 joueurs qui doivent parcourir un chemin de 64 cases. Ils commencent tous sur la case 1 et jouent à tour de rôle (en commençant par le premier joueur). À son tour, le joueur lance un dé à 6 faces et avance du nombre de cases indiqué par le dé. Le premier joueur à atteindre ou dépasser la case 64 a gagné. Seule contrainte, un joueur ne peut pas terminer son tour sur une case occupée. Si c'est le cas, il avance jusqu'à la case libre suivante. »

Voici 3 propositions de représentation de données. On vous demande pour chaque proposition de vérifier, sans écrire l'algorithme, si elle permet la programmation du jeu. On vous conseille vivement de « dessiner » [1] les propositions pour mieux les comprendre.

1. Un tableau de 64 entiers. La case k contient i si le joueur i s'y trouve ou 0 si la case est libre. Mais aussi un entier joueurCourant donnant le numéro du joueur courant.
2. Un tableau de 4 entiers. La case i contient la position du joueur i. Mais aussi un entier joueurCourant donnant le numéro du joueur courant.
3. On combine les deux premières propositions (on a donc deux tableaux).

Après ces vérifications vous choisirez une des représentations pour écrire la solution (non OO à ce stade) du jeu. Pensez à découper votre solution.

2 La course à la case 64 à n joueurs

Modifiez l'exercice précédent afin que le jeu puisse se jouer à n joueurs, où n est un entier supérieur ou égal à 2, choisi au début du jeu.

3 La course à la case 64 à n joueurs - variantes

Reprenons la course à la case 64 de l'exercice précédent. Voici quelques propositions de modification des règles. Pour chaque proposition, indiquez si la représentation choisie dans l'exercice précédent est toujours valable et pertinente.

1. Si un joueur arrive sur une case occupée, le joueur qui s'y trouvait retourne à la première case.
2. Si un joueur termine sa course sur une case qui est un multiple de 5, il rejoue directement.
3. Un joueur rejoue directement s'il termine sa course sur les cases 1, 2, 7, 11, 17, 31, 42 ou 53.

4 Un jeu de poursuite

Deux joueurs A et B se poursuivent sur un circuit de 50 cases. Au départ, A se trouve sur la case 1 et B est placé sur la case 26. C'est A qui commence. Chaque joueur joue à son tour en lançant un dé dont la valeur donne le nombre de cases duquel il doit avancer sur le jeu. Lorsqu'un joueur arrive sur la case 50 et qu'il doit encore avancer, il continue son parcours à partir de la case 1. Le jeu se termine lorsqu'un joueur rattrape ou dépasse l'autre.

Écrire un algorithme (non OO pour le moment) de simulation de ce jeu qui se terminera par l'affichage du vainqueur ainsi que le nombre de tours complets parcourus par ce vainqueur.

1. Par là, on veut dire : imaginer une situation de jeu (positions des joueurs sur le chemin par exemple) et voir quelles valeurs doivent avoir les variables introduites dans la représentation pour correspondre à cette situation de jeu.

Il est important de bien découper votre algorithme. On vous suggère d'écrire les algorithmes suivant :

- ▷ un algorithme initialiser() qui initialise le jeu (placement des joueurs...) ;
- ▷ un algorithme « jouerCoup » qui joue pour un joueur et indique s'il a rattrapé l'autre joueur ;
- ▷ un algorithme « joueurSuivant » qui permet de passer au joueur suivant.

À nouveau, on vous fait plusieurs propositions pour la représentation de l'état du jeu. On vous demande pour chacune d'elles de vérifier, sans écrire les méthodes de la classe, si elles permettent la programmation du jeu. Après ces vérifications vous choisirez une des représentations pour écrire la classe complète.

1. Dans cette proposition, nous avons deux variables.
   - ▷ circuit : un tableau de 1 à 50 chaines de caractères. Les chaines de caractères représenteront la position des joueurs (au départ, "A" en 1 et "B" en 26, " " dans les autres positions).
   - ▷ joueurCourant : un entier donnant la position du joueur courant.
2. Cette proposition introduit une structure Joueur et le nombre de tours.
   - ▷ circuit : un tableau de 1 à 50 éléments Joueur, une structure.

     ```
     structure Joueur
         nom : chaine          // Le nom du joueur à cette position ("A", "B" ou " " si la case est vide)
         nbTours : entier      // Nb de tours qu'a fait le joueur qui est à cette position (0 si case vide)
     fin structure
     ```

     Un joueur a fait un tour complet quand il est de nouveau sur sa position de départ ou la dépasse.
   - ▷ joueurCourant : un entier donnant la position du joueur courant.
3. Dans cette proposition, le tableau change de signification.
   - ▷ circuit : un tableau de 2 éléments Joueur, une structure différente.

     ```
     structure Joueur
         position : entier     // Donne la position du joueur sur le circuit (entier entre 1 et 50)
         nbTours : entier                          // Le nombre de tours qu'a fait ce joueur
     fin structure
     ```
   - ▷ joueurCourant : un entier donnant la position du joueur courant.
4. Cette proposition est identique à la précédente sauf sur un point :
   - ▷ On ne retient plus le nombre de tours effectués mais simplement le nombre de cases parcourues. Par exemple, si un joueur a fait exactement deux tours complets, le nombre de cases parcourues sera de 100.

     ```
     structure Joueur
         position : entier     // Donne la position du joueur sur le circuit (entier entre 1 et 50)
         nbCasesParcourues : entier    // Nb de cases parcourues par le joueur depuis le départ
     fin structure
     ```

5 Un jeu de poursuite - variante

Dans cette variante, chaque case contient une valeur vrai ou faux indiquant si le joueur pourra rejouer. Si la case sur laquelle tombe le joueur contient la valeur vrai il avance encore une fois du même nombre de cases (et de même s'il tombe encore sur vrai).

Qu'est-ce que cela change au niveau des données ? Modifiez votre solution en conséquence.

Pour adapter le code, il faudra adapter les paramètres fournis à l'algorithme d'initialisation et à l'algorithme qui joue un coup. Nous vous conseillons également de ne pas modifier l'algorithme jouerCoup mais d'introduire un nouvel algorithme (par ex. jouerTour) qui y fait appel plusieurs fois si nécessaire.

6 Le Jeu du Millionnaire

Un questionnaire de quinze questions à choix multiples de difficulté croissante est soumis à un candidat. Quatre possibilités de réponses (dont une seule est correcte) sont proposées à chaque fois. Au plus le candidat avance dans les bonnes réponses, au plus son gain est grand. S'il répond correctement aux quinze questions, il empoche la somme rondelette de 500.000 €.

Par contre, si le candidat donne une mauvaise réponse, il risque de perdre une partie du gain déjà acquis. Cependant, certains montants intermédiaires constituent des paliers, c'est-à-dire une somme acquise que le candidat est sûr d'empocher, quoiqu'il arrive dans la suite du jeu.

À chaque question, le candidat a donc trois possibilités :

- ▷ il donne la réponse correcte : dans ce cas il augmente son gain, et peut passer à la question suivante
- ▷ il ne connait pas la réponse, et choisit de s'abstenir : dans ce cas, le jeu s'arrête et le candidat empoche le gain acquis à la question précédente
- ▷ il donne une réponse incorrecte : le jeu s'arrête également, mais le candidat ne recevra que le montant du dernier palier qu'il a atteint et réussi lors de son parcours. En particulier, si le candidat se trompe avant d'avoir atteint le premier palier, il ne gagne pas un seul euro !

1	25 €	faux
2	50 €	faux
3	125 €	faux
4	250 €	faux
5	500 €	vrai
6	1000 €	faux
7	2000 €	faux
8	3750 €	faux
9	7500 €	faux
10	12500 €	vrai
11	25000 €	faux
12	50000 €	faux
13	100000 €	vrai
14	250000 €	faux
15	500000 €	vrai

Exemple : Le tableau ci-contre contient les gains associés à chaque question et une indication booléenne mise à vrai lorsque la question constitue un palier. Un concurrent qui se trompe à la question 3 ne gagnera rien ; un concurrent qui se trompe à la question 6 gagnera 500 € (palier de la question 5) et de même s'il se trompe à la question 10 ; un concurrent qui se trompe à la question 13 gagnera 12500 € (palier de la question 10) ; s'il décide de ne pas répondre à la question 13, il garde le montant acquis à la question 12, soit 50000 €.

Il y aurait de nombreuses façons de coder ce problème ; en voici une :

La structure Question

Une question est composée du libellé de la question, des 4 libellés pour les réponses et d'une indication de la bonne réponse (un entier de 1 à 4). Par simplicité on en fait une structure mais on pourrait en faire une classe si on voulait par exemple vérifier que la « bonne réponse » possède une valeur correcte.

La structure Gain

Représente un niveau de gain. Elle contient les champs : montant (entier) et palier (un booléen à vrai si cette somme est assurée, faux sinon)

La classe Millionnaire

Cette classe code le moteur du jeu. On y retrouve

- ▷ questionnaire : un tableau de Question
- ▷ gains : un tableau de Gain
- ▷ autres attributs à déterminer (cf. méthodes)

ainsi que les méthodes pour

- ▷ initialiser le jeu à partir d'un questionnaire et du tableau de gains
- ▷ connaitre la question en cours
- ▷ donner la réponse du candidat à la question en cours
- ▷ savoir si le jeu est fini ou pas
- ▷ arrêter le jeu en repartant avec les gains
- ▷ les accesseurs nécessaires pour connaitre l'état du jeu.

Le jeu proprement dit

L'algorithme jeuMillionaireConsole() reçoit le questionnaire et les gains et simule le jeu :

- ▷ Il propose les questions au candidat
- ▷ Il lit ses réponses (chiffre 1 à 4 ou 0 pour arrêter) et fait évoluer le jeu en fonction.
- ▷ lorsque le jeu est terminé, il indique au candidat le montant de ses gains.
- ▷ Attention ! Cet algorithme devrait être le plus petit possible. Imaginez que vous devez également coder une version graphique. Tout code commun doit se trouver dans la classe Millionnaire !

7 Chambre avec vue

Un grand hôtel a décidé d'informatiser sa gestion administrative. Il a confié ce travail à la société ESI_INFO dans laquelle vous êtes un informaticien chevronné. On vous a confié la tâche particulière de la gestion des réservations pour ses 100 chambres. Pour ce faire, on vous demande d'écrire une classe Hôtel qui offre notamment une méthode qui permet d'enregistrer une réservation.

Pour représenter l'occupation des chambres un jour donné, nous allons utiliser un tableau de 100 entiers. Un 0 indique que la chambre est libre, une autre valeur (positive) indique le numéro du client qui occupe cette chambre ce jour-là.

Nous utiliserons une Liste de tels tableaux pour représenter l'occupation des chambres sur une longue période ; les éléments se suivant correspondant à des jours successifs.

Nous vous imposons les attributs de la classe, à savoir :

- ▷ occupations : une Liste de tableaux de 100 entiers comme expliqué ci-dessus.
- ▷ premierJour : donne le jour concerné par le premier élément de la liste. Ainsi s'il vaut 10/9/2015 cela signifie que le premier élément de la liste « occupations » renseigne sur l'occupation des chambres ce 10/9/2015 ; que le deuxième élément de la liste concerne le 11/9/2015 et ainsi de suite...

Écrire la méthode suivante

```
algorithme effectuerRéservation(demande↓ : DemandeRéservation, chambre↑ : entier) → booléen
```

où la structure de demande de réservation est définie ainsi

```
structure DemandeRéservation
    numéroClient : entier
    débutRéservation : Date
    nbNuitées : entier
fin structure
```

- ▷ Le booléen retourné indique si la réservation a pu se faire ou pas
- ▷ Si elle a pu se faire, le paramètre de sortie chambre indique la chambre qui a été choisie
- ▷ Si plusieurs chambres sont libres, on choisit celle avec le plus petit numéro
- ▷ La demande de réservation peut couvrir une période qui n'est pas encore reprise dans la liste ; il faudra alors l'agrandir

8 L'ensemble

La notion d'ensemble fini est une notion qui vous est déjà familière pour l'avoir rencontrée dans plusieurs cours. Nous rappelons certaines de ses propriétés et opérations.

Étant donnés deux ensembles finis **S** et **T** ainsi qu'un élément **x** :

- ▷ $\mathbf{x} \in \mathbf{S}$ signifie que l'élément **x** est un élément de l'ensemble **S**.
- ▷ L'ensemble vide, noté $\emptyset$ est l'ensemble qui n'a pas d'élément ($\mathbf{x} \in \emptyset$ est faux quel que soit **x**).
- ▷ L'ordre des éléments dans un ensemble n'a aucune signification, l'ensemble {1,2} est identique à {2,1}.
- ▷ Un élément **x** ne peut pas être plus d'une fois élément d'un même ensemble (pas de répétition).
- ▷ L'union $\mathbf{S} \cup \mathbf{T}$ est l'ensemble contenant les éléments qui sont dans **S** ou (non exclusif) dans **T**.
- ▷ L'intersection $\mathbf{S} \cap \mathbf{T}$ est l'ensemble des éléments qui sont à la fois dans **S** et dans **T**.
- ▷ La différence $\mathbf{S} \setminus \mathbf{T}$ est l'ensemble des éléments qui sont dans **S** mais pas dans **T**.

Créer la classe Ensemble décrite ci-dessous.

```
classe Ensemble de E                                   // E est le type des éléments de l'ensemble
 public:
    constructeur Ensemble de E()                                  // construit un ensemble vide
    méthode ajouter(élt : E)                                  // ajoute l'élément à l'ensemble
    méthode enlever(élt : E))                              // enlève un élément de l'ensemble
    méthode contient(élt : E) → booléen                        // dit si l'élément est présent
    méthode estVide() → booléen                                  // dit si l'ensemble est vide
    méthode taille() → entier                               // donne la taille de l'ensemble
    méthode union(autreEnsemble : Ensemble de E) → Ensemble de E
    méthode intersection(autreEnsemble : Ensemble de E) → Ensemble de E
    méthode moins(autreEnsemble : Ensemble de E) → Ensemble de E
    méthode éléments() → Liste de E                                  // conversion en liste
fin classe
```

Quelques remarques :

- ▷ La méthode d'ajout (resp. de suppression) n'a pas d'effet si l'élément est déjà (resp. n'est pas) dans l'ensemble.
- ▷ Les méthodes union(), intersection() et moins() retournent un troisième ensemble, résultat des 2 premiers sans toucher à ces 2 ensembles. On aurait pu envisager des méthodes modifiant l'ensemble sur lequel on les appelle.
- ▷ La méthode éléments() est nécessaire si on veut parcourir les éléments de l'ensemble (par exemple pour les afficher).

9 La course à la case 64 en version OO

Reprenez la solution que vous avez écrite pour l'exercice 2 (La course à la case 64 à n joueurs) et voyez comment le transformer pour en faire une version OO.

10 Un jeu de poursuite en version OO

Reprenez la solution que vous avez écrite pour l'exercice 5 (Un jeu de poursuite - variante) et voyez comment le transformer pour en faire une version OO.

11 Les congés

Les périodes de congés des différents employés d'une firme sont reprises dans un tableau booléen **Congés** bidimensionnel à n lignes et 366 colonnes. Chaque ligne du tableau correspond à un employé et chaque colonne à un jour de l'année. Une case de ce tableau est mise à **vrai** si l'employé correspondant est en congé le jour correspondant. La firme en question est opérationnelle 7 jours sur 7, on n'y fait donc pas de distinction entre jours ouvrables, week-end et jours fériés.

Ce tableau permet de visualiser l'ensemble des congés des travailleurs, et d'accorder ou non une demande de congé, suivant les règles suivantes :

1. une période de congé ne peut excéder 15 jours ;
2. un employé a droit à maximum 40 jours de congé par an ;
3. à tout moment, 50% des employés doivent être présents dans la firme.

Écrire un algorithme qui détermine si cette demande peut être accordée ou non à un employé dont on connait le nom, ainsi que les dates de début et de fin d'une demande de congé (objets de la classe Date). Dans l'affirmative, le tableau **Congés** sera mis à jour.

Pour établir la correspondance entre ce tableau et les noms des employés, vous avez à votre disposition un tableau **Personnel** de chaines. L'emplacement du nom d'un employé dans ce tableau correspond à l'indice ligne du tableau **Congés**.

Il est permis d'utiliser pour résoudre cet exercice la méthode suivante de la classe Date, sans devoir détailler son code :

```
algorithme numéroJour() → entier          // la position du jour dans l'année (entre 1 et 366)
```

12 Casino

Pour cet exercice, on vous demande un petit programme qui simule un jeu de roulette très simplifié dans un casino.

Dans ce jeu simplifié, vous pourrez miser une certaine somme et gagner ou perdre de l'argent (telle est la fortune, au casino !). Quand vous n'avez plus d'argent, vous avez perdu.

Notre règle du jeu

Bon, la roulette, c'est très sympathique comme jeu, mais un peu trop compliqué pour un exercice de première année. Alors, on va simplifier les règles et je vous présente tout de suite ce que l'on obtient :

- ▷ Le joueur mise sur un numéro compris entre 0 et 49 (50 numéros en tout). En choisissant son numéro, il y dépose la somme qu'il souhaite miser.
- ▷ La roulette est constituée de 50 cases allant naturellement de 0 à 49. Les numéros pairs sont de couleur noire, les numéros impairs sont de couleur rouge. Le croupier lance la roulette, lâche la bille et quand la roulette s'arrête, relève le numéro de la case dans laquelle la bille s'est arrêtée. Dans notre programme, nous ne reprendrons pas tous ces détails « matériels » mais ces explications sont aussi à l'intention de ceux qui ont eu la chance d'éviter les salles de casino jusqu'ici. Le numéro sur lequel s'est arrêtée la bille est, naturellement, le numéro gagnant.
- ▷ Si le numéro gagnant est celui sur lequel le joueur a misé (probabilité de 1/50, plutôt faible), le croupier lui remet 3 fois la somme misée.
- ▷ Sinon, le croupier regarde si le numéro misé par le joueur est de la même couleur que le numéro gagnant (s'ils sont tous les deux pairs ou tous les deux impairs). Si c'est le cas, le croupier lui remet 50% de la somme misée. Si ce n'est pas le cas, le joueur perd sa mise.

Dans les deux scénarios gagnants vus ci-dessus (le numéro misé et le numéro gagnant sont identiques ou ont la même couleur), le croupier remet au joueur la somme initialement misée avant d'y ajouter ses gains. Cela veut dire que, dans ces deux scénarios, le joueur récupère de l'argent. Il n'y a que dans le troisième cas qu'il perd la somme misée.

Comme vous pouvez le constater, on ne vous fait pas de proposition pour la représentation des données. À vous de jouer !

13 Mots croisés

Voici une grille de mots croisés. (on ne s'intéresse pas ici aux définitions). Écrire une classe Grille offrant les méthodes suivantes :

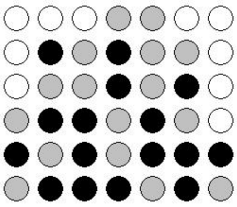
- ▷ placer une lettre à un endroit de la grille (une case non noire bien sûr) ;
- ▷ donner le nombre de cases noires sur la grille ;
- ▷ donner le nombre total de mots (plus d'une lettre) de la grille (donc y compris ceux que le joueur n'a pas encore complétés) ;
- ▷ donner le nombre de mots déjà complétés par le joueur.

Exemple : dans la grille ci-contre, le nombre de cases noires est 14, le nombre total de mots de la grille est 37 (19 horizontaux et 18 verticaux) et le nombre de mots déjà complétés par le joueur est 6.

		A				■			
		L		■					
L	O	G	I	Q	U	E	■		
		O	■				■		
■		R		■		■			
E	S	I	■	O		H		■	
	■	T	A	B	L	E	A	U	■
		H	■	J		B			
		M		E		■			
		E		T					

14 Puissance 4

Le jeu de puissance 4 se déroule dans un tableau vertical comportant 6 rangées et 7 colonnes dans lequel deux joueurs introduisent tour à tour des jetons (rouges pour l'un, jaunes pour l'autre). Avec l'aide de la gravité, les jetons tombent toujours le plus bas possible dans les colonnes où on les place. Le jeu s'achève lorsqu'un des joueurs a réussi à aligner 4 de ses jetons horizontalement, verticalement ou en oblique, ou lorsque les deux joueurs ont disposé chacun leur 21 jetons sans réaliser d'alignement (match nul).



N.B. : sur ce dessin noir et blanc, les jetons rouges apparaissent en noir, les jetons jaunes en gris et les cases blanches désignent l'absence de jetons. Cet exemple montre une situation du jeu où le joueur « jaune » est gagnant. En introduisant un jeton dans la 4^{e} colonne, il a réalisé un alignement de 4 jetons en oblique.

On demande d'implémenter une classe Puissance4 qui permette de contrôler l'état des différentes phases du jeu. Déterminez les attributs de cette classe et décrivez-les brièvement de manière à justifier votre choix. Dotez ensuite la classe des méthodes permettant de :

- ▷ savoir si la grille est pleine
- ▷ mettre la grille à jour lorsque le joueur n (1 ou 2) joue dans la colonne j (entre 1 et 7). Cette méthode renverra la valeur booléenne faux si la colonne en question est déjà pleine
- ▷ vérifier si le joueur qui vient de jouer dans la colonne j a gagné la partie

N.B. : pour la structure qui contiendra le contenu du tableau de jetons, on adoptera la convention suivante : 0 pour l'absence de jeton, 1 représentera un jeton du 1er joueur, et 2 un jeton du 2e joueur (on peut donc faire abstraction de la couleur du jeton dans ce problème).

15 Mastermind

Revenons sur le jeu Mastermind déjà vu en DEV1. Dans ce jeu, un joueur A doit trouver une combinaison de k pions de couleur, choisie et tenue secrète par un autre joueur B. Cette combinaison peut contenir éventuellement des pions de même couleur. À chaque proposition du joueur A, le joueur B indique le nombre de pions de la proposition qui sont corrects et bien placés et le nombre de pions corrects mais mal placés.

Exemple

Utilisons des lettres pour représenter les couleurs.

Combinaison secrète

R	R	V	B	J

Proposition du joueur

R	V	B	B	V

Il sera indiqué au joueur qu'il a :

- ▷ 2 pions bien placés : le R en 1re position et le second B en 4e position ;
- ▷ 1 pion mal placé : un des deux V (ils ne peuvent compter tous les deux).

Supposons une énumération Couleur (cf. la description d'une énumération en annexe) avec toutes les couleurs possibles de pion.

a) Écrire une classe « Combinaison » pour représenter une combinaison de k pions. Elle possède une méthode pour générer une combinaison aléatoire (que vous ne devez pas écrire) et une méthode pour comparer une combinaison à la combinaison secrète (que vous devez écrire)

b) Écrire ensuite une classe « MasterMind » qui représente le jeu et permet d'y jouer. La taille de la combinaison et le nombre d'essais permis seront des paramètres du constructeur.

Annexe A

Compléments

Nous présentons ici quelques éléments qui pourront vous être utiles pour résoudre certains exercices.

A.1 Énumération

Parfois, une variable ne peut prendre qu'un ensemble fixe et fini de valeurs. Par exemple une variable représentant une saison ne peut prendre que quatre valeurs (HIVER, PRINTEMPS, ÉTÉ, AUTOMNE). On va l'indiquer grâce à l'énumération qui introduit un **nouveau type** de donnée.

```
énumération Saison { HIVER, PRINTEMPS, ÉTÉ, AUTOMNE }
```

Il y a deux avantages à cela : une indication claire des possibilités de la variable lors de la déclaration et une lisibilité du code grâce à l'utilisation des valeurs explicites.

Par exemple,

```
// Lit une saison et affiche sa particularité
algorithme particularitéSaisonnière()
    uneSaison : Saison
    demander uneSaison     // on lira la valeur HIVER ou PRINTEMPS ou ÉTÉ ou AUTOMNE
    si uneSaison = HIVER alors
        afficher "il neige"
    sinon si uneSaison = PRINTEMPS alors
        afficher "les fleurs poussent"
    sinon si uneSaison = ÉTÉ alors
        afficher "le soleil brille"
    sinon
        afficher "les feuilles tombent"
    fin si
fin algorithme
```

1 Autres situations

Pouvez-vous identifier d'autres données qui pourraient avantageusement s'exprimer avec une énumération ?

A.1.1 Quid des langages de programmation ?

Certains langages (comme Java) proposent un type énuméré complet. D'autres (comme C et C++) proposent un type énuméré incomplet mais qui permet néanmoins une écriture comme celle ci-dessus. Cobol propose des « noms conditions » qui représentent l'ensemble des valeurs possibles d'une variable. D'autres langages, enfin, ne proposent rien. Pour ces langages, le truc est de définir des constantes entières qui vont permettre une écriture proche de celle ci-dessus (mais sans une déclaration explicite).

A.1.2 Lien avec les entiers

Dans l'exemple ci-dessus, on lit une Saison mais souvent, si on travaille avec les Mois par exemple, on disposera plutôt d'un entier. Il faut pouvoir convertir les valeurs. Chaque langage de programmation propose sa propre technique ; nous allons adopter la syntaxe suivante :

```
Saison(3)                    // donne l'énumération de la saison numéro 3 (on commence à 1) ;
                                                          // donne ÉTÉ dans notre exemple.
position(uneSaison)                                 // donne l'entier associé à une saison ;
                          // si on a lu HIVER comme valeur pour uneSaison, donne la valeur 1.
```

A.2 Gestion des erreurs

Lorsqu'un algorithme se trouve dans un état incorrect, particulièrement lorsqu'un paramètre est invalide, on peut l'indiquer via la primitive **erreur**.

Par exemple :

```
algorithme racineCarrée(nb : entier)
    si nb<0 alors
        erreur "Le nombre doit être positif"
    fin si
    suite de l'algorithme...
fin algorithme
```

Pratiquement, cette primitive stoppe l'algorithme sans aucune possibilité de récupération. Dans un langage comme JAVA vous utiliserez le mécanisme des exceptions qui est plus souple.

Annexe B

Aide mémoire

Cet aide-mémoire peut vous accompagner lors d'une interrogation ou d'un examen. Il vous est permis d'utiliser ces méthodes sans les développer. Par contre, si vous sentez le besoin d'utiliser une méthode qui n'apparait pas ici, il faudra en écrire explicitement le contenu.

Manipuler les nombres

hasard() → réel
Donne un nombre réel entre 0 inclus et 1 exclu.

hasard(min : entier, max : entier) → entier
Donne un entier entre min et max inclus.

Manipuler les chaines

Remarque : lorsqu'on indique caractère, on signifie une chaine de longueur 1.

chaine[i]
Désigne le i^e caractère de la chaine (en commençant à 1).
Ex : texte[2] ← "a" ou **afficher** texte[1]

chaine1 + chaine2
Produit une chaine qui est la concaténation des deux chaines.

long(chaine : chaine) → entier
Donne la longueur de la chaine (nb de caractères).

estLettre(car : caractère) → booléen
Cette fonction indique si un caractère est une lettre. Par exemple elle retourne vrai pour "a", "e", "G", "K", mais faux pour "4", "$", "@"...

estMinuscule(car : caractère) → booléen
Permet de savoir si le caractère est une lettre minuscule.

estMajuscule(car : caractère) → booléen
Permet de savoir si le caractère est une lettre majuscule.

estChiffre(car : caractère) → booléen
Permet de savoir si un caractère est un chiffre. Elle retourne vrai uniquement pour les dix caractères "0", "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "8" et "9" et faux dans tous les autres cas.

majuscule(texte : chaine) → chaine
Retourne une chaine où toutes les lettres du texte ont été converties en majuscules.

minuscule(texte : chaine) → chaine
Retourne une chaine où toutes les lettres du texte ont été converties en minuscules.

numLettre(car : caractère) → entier
Retourne toujours un entier entre 1 et 26. Par exemple numLettre("E") donnera 5, ainsi que numLettre("e"). Cette fonction traite donc de la même manière les majuscules et les minuscules. numLettre retournera aussi 5 pour les caractères "é", "è", "ê", "ë"...). Attention, il est interdit d'utiliser cette fonction si le caractère n'est pas une lettre !

lettreMaj(n : entier) → caractère
Retourne la forme majuscule de la n^{e} lettre de l'alphabet (où n sera obligatoirement compris entre 1 et 26). Par exemple, lettreMaj(13) retourne "M".

lettreMin(n : entier) → caractère
Idem pour les minuscules.

chaine(n : réel) → chaine
Transforme un nombre en chaine. Ex : chaine(42) retourne la chaine "42" et chaine (3,14) donnera "3,14".

nombre(ch : chaine) → réel
Transforme une chaine contenant des caractères numériques en nombre. Ainsi, nombre("3,14") retournera 3,14. C'est une erreur de l'utiliser avec une chaine qui ne représente pas un nombre.

sousChaine(ch : chaine, pos : entier, long : entier) → chaine
Permet d'extraire une portion d'une certaine longueur d'une chaine donnée, et ceci à partir d'une position donnée.

position(ch : chaine, sous-chaine : chaine) → entier
Permet de savoir si une sous-chaine donnée est présente dans une chaine donnée. Elle permet d'éviter d'écrire le code correspondant à une recherche. La valeur de l'entier renvoyé est la position où commence la sous-chaine recherchée. Par exemple, position("algorithmique", "mi") retournera 9. Si la sous-chaine ne s'y trouve pas, la fonction retourne 0.

La liste

```
classe Liste de T                                              // T est un type quelconque
 public:
    constructeur Liste de T()                                  // construit une liste vide
    méthode get(pos : entier) → T                              // donne un élément en position pos
    méthode set(pos : entier, valeur : T)                      // modifie un élément en position pos
    méthode taille() → entier                                  // donne le nombre actuel d'éléments
    méthode ajouter(valeur : T)                                // ajoute un élément en fin de liste
    méthode insérer(pos : entier, valeur : T)                  // insère un élément en position pos
    méthode supprimer()                                        // supprime le dernier élément
    méthode supprimerPos(pos : entier)                         // supprime l'élément en position pos
    méthode supprimer(valeur : T) → booléen                    // supprime l'élément de valeur donnée
    méthode vider()                                            // vide la liste
    méthode estVide() → booléen                                // la liste est-elle vide ?
    méthode existe(valeur ↓ : T, pos ↑ : entier) → booléen     // recherche un élément
fin classe
```