R: Langage

Eric Marcon

02 mai 2018

Eric Marcon

Architecture

Eric Marcon

R-core

Fonctions primitives et structures de données de base.

Exemples : fonction `sum` et données de type `matrix`:

```
pryr::otype(sum)
```

```
## [1] "base"
```

```
pryr::otype(matrix(1))
```

```
## [1] "base"
```

S3

Eric Marcon

Langage orienté objet.

Classes déclaratives.

```
MonPrenom <- "Eric"
class(MonPrenom) <- "Prenom"
```

S3 - Méthodes

Les méthodes S3 sont liées aux fonctions, pas aux objets.

```
# Affichage par défaut
MonPrenom
```

```
## [1] "Eric"
## attr(,"class")
## [1] "Prenom"
```

```
print.Prenom <- function(x) cat("Le prénom est", x)
# Affichage modifié
MonPrenom
```

```
## Le prénom est Eric
```

S3 - Génériques

`print` est une méthode générique ("un générique") déclaré dans base.

```
help(print)
pryr::otype(print)
```

Son code se résume à une déclaration `UseMethod("print")`:

```
print
```

```
## function (x, ...)
## UseMethod("print")
## <bytecode: 0x000000001dc97878>
## <environment: namespace:base>
```

S3 - print

Il existe beaucoup de méthodes S3 pour `print`:

```
head(methods("print"))
```

```
## [1] "print.acf"     "print.AES"
## [3] "print.anova"   "print.aov"
## [5] "print.aovlist" "print.ar"
```

Chacune s'applique à une classe. `print.default` est utilisée en dernier ressort et s'appuie sur le type (R de base), pas la classe (S3).

```
typeof(MonPrenom)
```

```
## [1] "character"
```

```
pryr::otype(MonPrenom)
```

S3 - Héritage

Un objet peut appartenir à plusieurs classes.

```
class(MonPrenom) <- c("PrenomFrancais", "Prenom")
inherits(MonPrenom, what = "PrenomFrancais")
```

```
## [1] TRUE
```

```
inherits(MonPrenom, what = "Prenom")
```

```
## [1] TRUE
```

S3 - Héritage

Le générique cherche une méthode pour chaque classe, dans l'ordre.

```
print.PrenomFrancais <- function(x) cat("Prénom français:",
    x)
MonPrenom
```

```
## Prénom français: Eric
```

S3 - Résumé

S3 est le langage courant de R.

Presque tous les packages sont écrits en S3.

Les génériques sont partout mais passent inaperçu:

```
library("entropart")
```

```
## Loading required package: ggplot2
```

```
.S3methods(class = "SpeciesDistribution")
```

```
## [1] autoplot plot
## see '?methods' for accessing help and source code
```

```
# help(InternalMethods)
```

S4

S4 structure les classes :

- slots pour les données ;
- constructeur explicite.

```
setClass("Personne", slots = list(Nom = "character",
    Prenom = "character"))
Moi <- new("Personne", Nom = "Marcon", Prenom = "Eric")
pryr::otype(Moi)
```

```
## [1] "S4"
```

S4 - Méthodes

Eric Marcon

Les méthodes appartiennent toujours aux fonctions:

```
setMethod("print", signature = "Personne", function(x,
    ...) {
    cat("La personne est:", x@Prenom, x@Nom)
})
```

```
## [1] "print"
```

```
print(Moi)
```

```
## La personne est: Eric Marcon
```

S4 - Résumé

S4 est plus rigoureux que S3.

Quelques packages sur CRAN : Matrix, sp, odbc,... et beaucoup sur Bioconductor.

RC

RC a été introduit dans R 2.12 (2010) avec le package *methods*.

Les méthodes appartiennent aux classes, comme en C++.

```
library("methods")
PersonneRC <- setRefClass("PersonneRC",
    fields = list(Nom = "character", Prenom = "character"),
    methods = list(print = function() cat(Prenom, Nom)))
MoiRC <- new("PersonneRC", Nom = "Marcon", Prenom ="Eric")
pryr::otype(Moi)
```

```
## [1] "S4"
```

```
MoiRC$print()
```

```
## Eric Marcon
```

S6

S6 perfectionne RC mais n'est pas inclus dans R.

Les attributs et les méthodes peuvent être publics ou privés.

Une méthode `initialize()` est utilisée comme constructeur.

```
library(R6)
PersonneR6 <- R6Class("PersonneR6", public = list(Nom = "character",
    Prenom = "character", initialize = function(Nom = NA,
        Prenom = NA) {
        self$Nom <- Nom
        self$Prenom <- Prenom
    }, print = function() cat(Prenom, Nom)))
MoiR6 <- PersonneR6$new(Nom = "Marcon", Prenom = "Eric")
MoiRC$print()
```

```
## Eric Marcon
```

RC et S6 - Résumé

Très peu utilisés, plutôt considérés comme des exercices de style.

S6 permet de programmer rigoureusement en objet.

Les performances sont inférieures à celles de S3.

Style

Choisir son style de code

Pas d'obligation mais cohérence à assurer.

Nommage des objets :

- *CamelCase* : les mots sont compactés, les majuscules assurent la lisibilité ;
- *tiret_bas* : les espaces sont remplacés par des _, pas de majuscule.

Les points sont interdits : séparateurs des génériques. Hélas : `data.frame`, `t.test()`.

Utiliser des noms clairs, pas de `valeur=12` ou `TarbrInv`.

Affectation

Utiliser impérativement <- et réserver = aux arguments de fonctions.

```
a <- b <- 12
a
```

```
## [1] 12
```

```
b
```

```
## [1] 12
```

```
(a <- runif(1)) * (rnorm(1) -> b)
```

```
## [1] 0.01679332
```

Espacement

Entourer `<-` par des espaces pour éviter la confusion avec `-`.

Respecter l'espacement standard du code autant que possible. *knitr* avec l'option `tidy=TRUE` met en forme automatiquement le code des documents RMarkdown.

Alignement

Aller à la ligne entre les commandes, éviter ;.

Les accolades commencent sur la ligne de la commande, se terminent sur une ligne seule.

Indenter avec deux espaces. Tabulations interdites.

```
if (a > b) {
    print("Plus grand")
} else {
    print("Plus petit")
}
```

```
## [1] "Plus petit"
```

Commentaires

Dans le code, commenter toute ligne non évidente (de l'ordre de 2 sur 3). Commenter le pourquoi, pas le comment sauf extraordinaire.

Le commentaire précède la ligne de code ou va en fin de ligne.

```
# Calcul de la surface
if (is.null(Largeur)) {
    # Longueur seulement: carré
    Longueur^2
} else {
    # Vrai rectangle. Formule de xxx(1920).
    Longueur * Largeur
}
```

Bien choisir la langue des commentaires. Accents interdits dans les packages.

Commentaires

Commentaires de blocs par :

```
# Première partie ####
x <- 1
# Deuxième partie ####
y <- 2
```

Ces blocs sont repliables dans RStudio (menu *Edit* / *Folding*).

Appel des fonctions

Les fonctions du package *base* sont toujours disponibles. Les autres non.

Les packages chargés par défaut peuvent être déchargés: *utils*, *graphics*, *stats*

Bonne pratique :

- usage interactif : taper le nom de la fonction seulement : `fonction()`
- code à conserver : préciser le package (une fonction peut être masquée par un autre package) : `package::fonction()`.

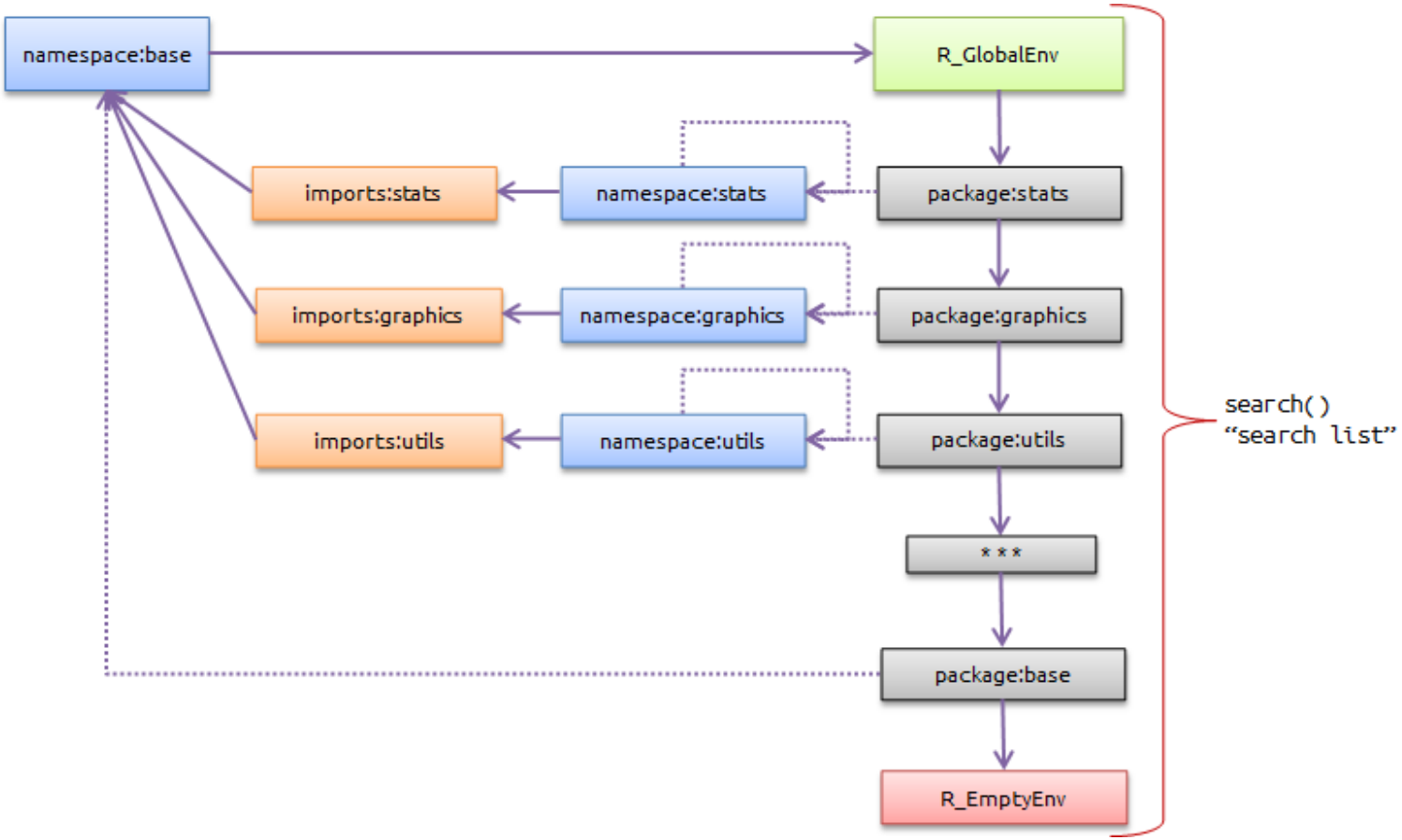
Appel des fonctions

Principes :

- `library("package")` charge `loadNamespace()` et attache `attachNamespace()` un package
- le package exporte des fonctions : `package::fonction()`
- les fonctions sont accessibles par leur nom `fonction()`
- si `nouveaupackage` exporte `nouveaupackage::fonction()`, la nouvelle fonction masque l'ancienne.

Environnements et recherche

Hiérarchie des environnements



Référence

Hiérarchie des environnements

R démarre dans l'environnement vide.

Chaque package chargé crée un environnement fils.

La console se trouve dans l'environnement global, fils du dernier package chargé.

```
search()
```

```
##  [1] ".GlobalEnv"        "package:R6"
##  [3] "package:entropart" "package:ggplot2"
##  [5] "package:stats"     "package:graphics"
##  [7] "package:grDevices" "package:utils"
##  [9] "package:datasets"  "package:methods"
## [11] "Autoloads"         "package:base"
```

Environnements fils de *.GlobalEnv*

Le code d'une fonction appelée de la console s'excute dans un environnement fils de *.GlobalEnv*

```
environment()
```

```
## <environment: R_GlobalEnv>
```

```
f <- function() environment()
f()
```

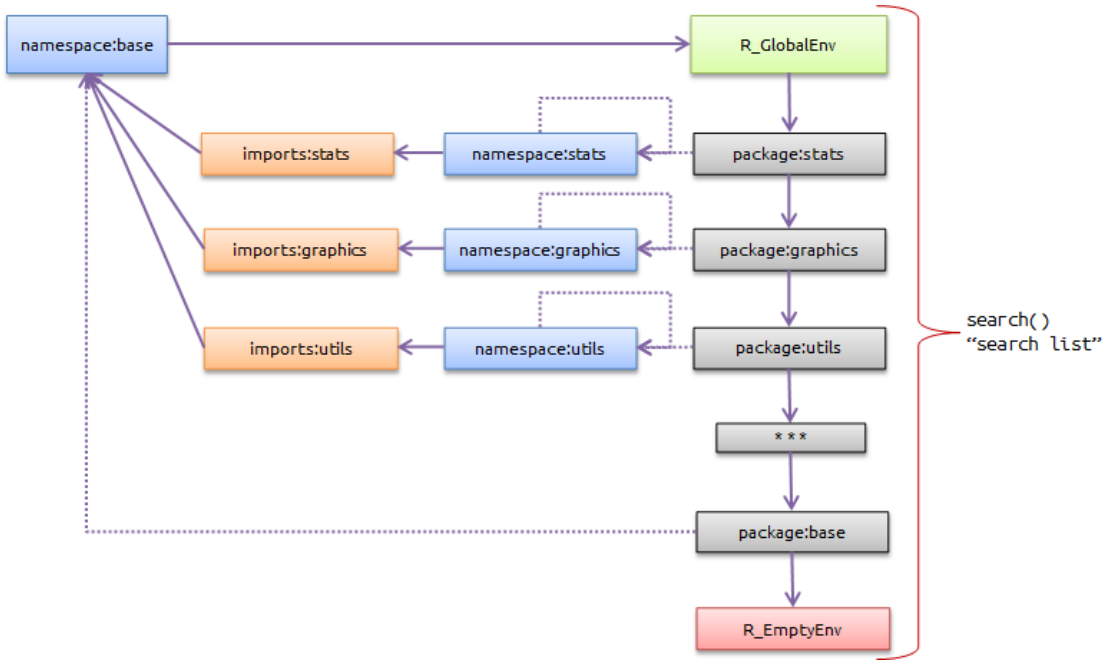
```
## <environment: 0x0000000025ad7ea8>
```

```
parent.env(f())
```

```
## <environment: R_GlobalEnv>
```

Recherche d'un objet

La recherche part de l'environnement global (ou de celui d'une fonction appelée) et descend la colonne de droite.

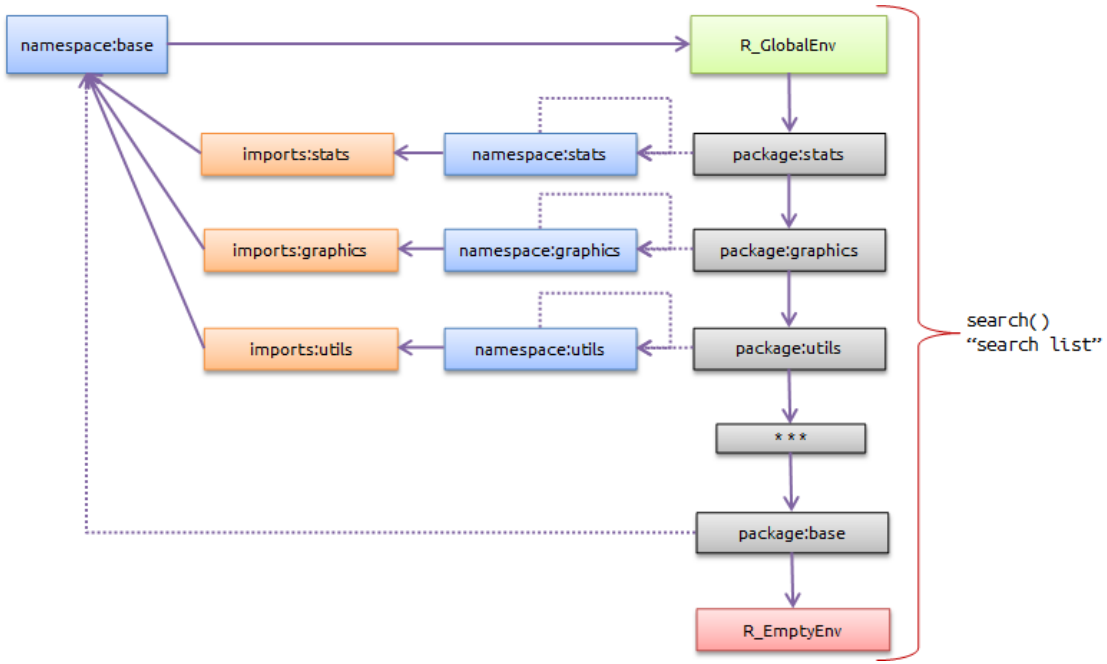


Les packages doivent être attachés pour y être.

Packages chargés

Eric Marcon

Un package chargé est dans la colonne centrale: son espace de noms est accessible mais ses objets ne sont pas inclus dans la recherche.



Packages chargés non attachés

devtools peut être chargé sans être attaché :

```
unloadNamespace("devtools")
isNamespaceLoaded("devtools")
```

```
## [1] FALSE
```

```
loadNamespace("devtools")
```

```
## <environment: namespace:devtools>
```

Packages chargés non attachés

```
search()
```

```
##  [1] ".GlobalEnv"        "package:R6"
##  [3] "package:entropart" "package:ggplot2"
##  [5] "package:stats"     "package:graphics"
##  [7] "package:grDevices" "package:utils"
##  [9] "package:datasets"  "package:methods"
## [11] "Autoloads"         "package:base"
```

```
isNamespaceLoaded("devtools")
```

```
## [1] TRUE
```

Appel explicite d'un objet

La fonction `dr_devtools()` ne peut pas être trouvée mais elle peut être utilisée :

```
tryCatch(dr_devtools, error = function(e) print(e))
```

```
## <simpleError in doTryCatch(return(expr), name, par
```

```
devtools::dr_devtools()
```

```
## DR_DEVTOOLS SAYS YOU LOOK HEALTHY
```

Chargement implicite

`loadNamespace()` n'est jamais utilisé :

- Appeler `package::fonction()` charge le package,
- Attacher un package le charge.

Objets non exportés

Les objets non exportés par un package sont accessible dans son espace de nom avec trois :

`package:::fonction()`

Les autres aussi, mais c'est inutile :

```
stats:::sd(rnorm(100))
```

```
## [1] 1.042431
```

Objets non exportés

Les méthodes S3 ne sont normalement pas exportées, seul le générique l'est.

```
names(formals(plot))
```

```
## [1] "x"   "y"   "..."
```

```
tryCatch(names(formals(entropart::plot.SpeciesDistribution)),
    error = function(e) print(e))
```

```
## <simpleError: 'plot.SpeciesDistribution' is not an
```

```
names(formals(entropart:::plot.SpeciesDistribution))
```

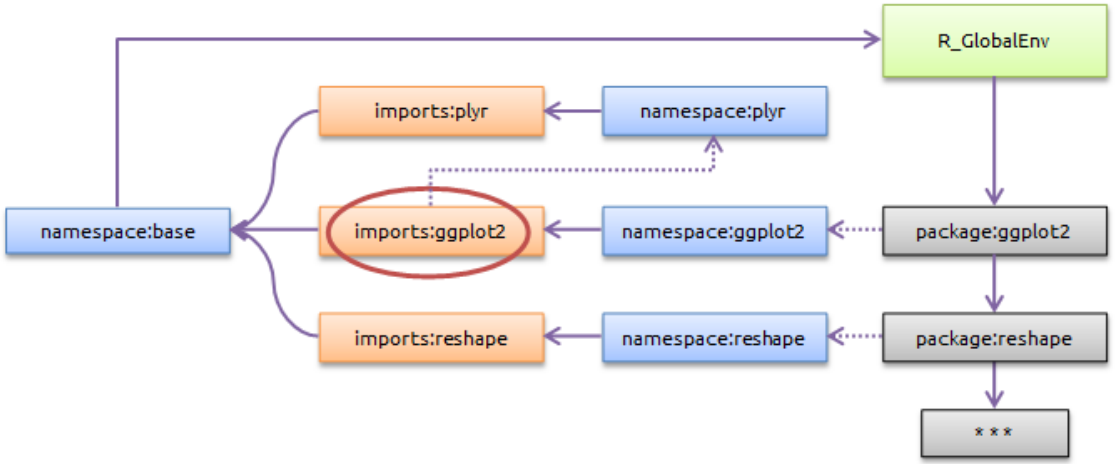
```
## [1] "x"            "..."          "Distribution"
## [4] "type"         "log"          "main"
## [7] "xlab"         "ylab"
```

Eric Marcon

Packages importés

Les packages s'appuient sur d'autres packages.

Ils peuvent les importer : `ggplot2` importe plyr.



Ou en dépendre : `ggplot2` dépend de `reshape`.

Un package qui exporte une méthode S3 dépend forcément du package contenant le générique.

Eric Marcon

Eléments du langage

Type de données

Réel

```
typeof(1.1)
```

```
## [1] "double"
```

Entier : forcer le type en précisant `L`

```
typeof(1L)
```

```
## [1] "integer"
```

Type de données

Logique

```
typeof(TRUE)
```

```
## [1] "logical"
```

Complexe

```
# help(complex)
typeof(sqrt(-1 + (0+0i)))
```

```
## [1] "complex"
```

Type de données

Caractère

```
typeof("Bonjour")
```

```
## [1] "character"
```

Brut

```
# help(raw)
typeof(raw(1))
```

```
## [1] "raw"
```

Test du type de données


```
is.character("Bonjour")
```

```
## [1] TRUE
```

```
is.double(1.2)
```

```
## [1] TRUE
```

```
is.logical(1 > 0)
```

```
## [1] TRUE
```

Test du type de données

Attention à `is.integer()` :

```
is.integer(1)
```

```
## [1] FALSE
```

```
typeof(1)
```

```
## [1] "double"
```

`is.atomic()` est vrai pour tous ces types.

`is.numeric()` est vrai pour les réels et les entiers.

Structures de données

5 structures de données :

	Atomique	Récursif
Unidimensionnel	vector	list
Bidimensionnel	matrix	data.frame
n-dimensionnel	array	

Vecteurs

```
(MonVecteur <- 1:3)
```

```
## [1] 1 2 3
```

Tous les éléments sont du même type :

```
c(1, TRUE, "a")
```

```
## [1] "1"    "TRUE" "a"
```

Matrices

```
(MaMatrice <- matrix(1:6, nrow = 2))
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    3    5
## [2,]    2    4    6
```

La multiplication matricielle est très performante

```
MaMatrice %*% matrix(1:3, ncol = 1)
```

```
##      [,1]
## [1,]   22
## [2,]   28
```

Tableaux

Eric Marcon


```
(MonTableau <- array(1:12, dim = c(2, 3, 2)))
```

```
## , , 1
##
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    3    5
## [2,]    2    4    6
##
## , , 2
##
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    7    9   11
## [2,]    8   10   12
```

Listes

```
(MaListe <- list(Premier = 1:2, Deuxieme = "a"))
```

```
## $Premier
## [1] 1 2
##
## $Deuxieme
## [1] "a"
```

```
identical(MaListe[[2]], MaListe$Deuxieme)
```

```
## [1] TRUE
```

Data frames

Les types de données sont uniques par colonne.

```
(Mondf <- data.frame(Article = c("Pommes", "Poires"),
    Prix = c(2, 3)))
```

```
##   Article Prix
## 1  Pommes    2
## 2  Poires    3
```

```
identical(Mondf[, 1], Mondf$Article)
```

```
## [1] TRUE
```

Fonctions

Elements fondamentaux du langage.

Toute opération repose sur des fonctions y compris + :

```
(`+`)
```

```
## function (e1, e2)  .Primitive("+")
```

Fonctions internes et primitives

Les fonctions *primitives* sont écrites en C : ce sont les plus rapides.

Les fonctions *internes* aussi, mais doivent être appelées par un mécanisme spécial, moins efficace :

```
cbind
```

```
## function (..., deparse.level = 1)
## .Internal(cbind(deparse.level, ...))
## <bytecode: 0x000000001c200ca8>
## <environment: namespace:base>
```

Référence

Fonctions standard : *closure*

La majorité des fonctions est écrite en R.

Leur type est *closure* par opposition à *primitive*.

```
apply
```

```
## function (X, MARGIN, FUN, ...)
## {
##     FUN <- match.fun(FUN)
##     dl <- length(dim(X))
##     if (!dl)
##         stop("dim(X) must have a positive length")
##     if (is.object(X))
##         X <- if (dl == 2L)
##             as.matrix(X)
##         else as.array(X)
##     d <- dim(X)
```

Eléments d'une fonction

Arguments : passés à la fonction.

```
args(apply)
```

```
## function (X, MARGIN, FUN, ...)
## NULL
```

Corps : le code de la fonction

```
deparse(body(apply))[1:3]
```

```
## [1] "{"
## [2] "    FUN <- match.fun(FUN)"
## [3] "    dl <- length(dim(X))"
```

Eléments d'une fonction

Environnement : l'ensemble des objets déclarés et un pointeur vers l'environnement parent.

```
environment(apply)
```

```
## <environment: namespace:base>
```

```
ls(environment(apply))[1:2]
```

```
## [1] "-"       "-.Date"
```

```
parent.env(environment(apply))
```

```
## <environment: R_GlobalEnv>
```

Environnement d'une fonction

Une fonction est exécutée dans son propre environnement :

```
environment()
```

```
## <environment: R_GlobalEnv>
```

```
f <- function() environment()
f()
```

```
## <environment: 0x000000001c8c9de8>
```

Son environnement parent est celui du code qui l'a appelé :

```
parent.env(f())
```

```
## <environment: R_GlobalEnv>
```

Corps d'une fonction

Code R standard.

```
Surface <- function(Longueur, Largeur) {
    return(Longueur * Largeur)
}
Surface(Longueur = 2, Largeur = 3)
```

```
## [1] 6
```

Retourne un résultat avec `return()` ou la dernière valeur calculée.

Eric Marcon

Portée des variables

```
Volume <- function(Longueur, Largeur) {
    return(Longueur * Largeur * Hauteur)
}
Longueur <- 5
Hauteur <- 10
Volume(Longueur = 2, Largeur = 3)
```

```
## [1] 60
```

Variables locales (définies dans l'environnement de la fonction) : `Longueur` et `Largeur`.

Variables manquantes recherchées dans les environnnements parents : `Hauteur`.

Evaluation tardive (*lazy*) de `Hauteur`.

Arguments d'une fonction

Nommés. Appel par leur nom ou dans leur ordre :

```
c(Surface(Largeur = 3, Longueur = 2), Surface(Longueur = 2,
    Largeur = 3))
```

```
## [1] 6 6
```

```
c(Surface(Longueur = 2, 3), Surface(2, 3))
```

```
## [1] 6 6
```

Et même (mais illisible) :

```
Surface(3, Longueur = 2)
```

```
## [1] 6
```

Bonnes pratiques

Donner des noms explicites aux arguments. Le premier s'appelle souvent x dans les génériques.

Donner autant que possible des valeurs par défaut aux arguments.

```
Surface <- function(Longueur, Largeur = Longueur) {
    return(Longueur * Largeur)
}
Surface(Longueur = 2)
```

```
## [1] 4
```

Bonnes pratiques

Nommer tous les arguments à partir du deuxième lors de l'appel :

```
x <- runif(10, min = 5, max = 10)
mean(x, na.rm = FALSE)
```

```
## [1] 6.827545
```

Ne jamais abréger les noms des arguments ou `T` pour `TRUE`.

Argument ...

Les génériques prévoient tous des arguments libres avec `...` :

```
names(formals(plot))
```

```
## [1] "x"   "y"   "..."
```

Les méthodes ont la même signature que les génériques :

```
names(formals(entropart:::plot.SpeciesDistribution))
```

```
## [1] "x"            "..."          "Distribution"
## [4] "type"         "log"          "main"
## [7] "xlab"         "ylab"
```

Argument ...

La méthode `plot` pour la classe `SpeciesDistribution` accepte tous arguments à la place de `...` et les utilise dans une de ses lignes de code :

```
deparse(entropart:::plot.SpeciesDistribution)[15:16]
```

```
## [1] "    graphics::plot(Ns, type = type, log = log
## [2] "        ylab = ylab, axes = FALSE, ...)"
```

Tous les arguments non reconnus par `plot.SpeciesDistribution` sont passés à `plot()`.

Argument ...

Les ... ne sont pas réservés aux génériques :

```
f <- function(x) x
g <- function(y, ...) f(...)
g("Rien", x = "Argument x passé à f par g")
```

```
## [1] "Argument x passé à f par g"
```

Mais il faut que tout argument soit reconnu par une fonction :

```
tryCatch(g("Rien", z = 2), error = function(e) print(e))
```

```
## <simpleError in f(...): argument inutilisé (z = 2)
```

Fonctions opérateurs (*infix functions*)

Les opérateurs de R sont en fait des fonctions:

```
identical(2 + 2, `+`(2, 2))
```

```
## [1] TRUE
```

Les opérateurs définis par l'utilisateur sont obligatoirement entre % :

```
`%+%` <- function(a, b) paste(a, b)
"Nouvelle" %+% "chaîne"
```

```
## [1] "Nouvelle chaîne"
```

Référence

Vectoriser

Fonctions vectorielles

La plupart des fonctions de R sont vectorielles :

```
x1 <- runif(3)
x2 <- runif(3)
sqrt(x1)
```

```
## [1] 0.3380038 0.7022063 0.9065435
```

```
x1 + x2
```

```
## [1] 0.2020211 1.2946018 1.0313605
```

Raisonner en termes de vecteurs plutôt que de scalaires.

Fonctions vectorielles

Ecrire des fonctions vectorielles sur leur premier argument :

```
entropart::lnq
```

```
## function (x, q)
## {
##     if (q == 1) {
##         return(log(x))
##     }
##     else {
##         Log <- (x^(1 - q) - 1)/(1 - q)
##         Log[x < 0] <- NA
##         return(Log)
##     }
## }
## <environment: namespace:entropart>
```

Fonctions de résumé

Exceptions à la règle : fonctions d'un vecteur, résultat scalaire.

```
sum(x1)
```

```
## [1] 1.429161
```

Fonctions non vectorielles

sapply() applique une fonction à chaque élément d'un vecteur ou d'une liste.

```
x1 <- runif(1000)
identical(sqrt(x1), sapply(x1, FUN = sqrt))
```

```
## [1] TRUE
```

```
library("microbenchmark")
mb <- microbenchmark(sqrt(x1), sapply(x1, FUN = sqrt),
    lapply(x1, sqrt), vapply(x1, sqrt, FUN.VALUE = 0))
summary(mb)[, c("expr", "median")]
```

```
##                                   expr   median
## 1                             sqrt(x1)   5.7440
## 2           sapply(x1, FUN = sqrt) 391.3850
## 3                 lapply(x1, sqrt) 354.2570
## 4 vapply(x1, sqrt, FUN.VALUE = 0) 355.8975
```

Boucles

Les boucles sont plus rapides !

```
Boucle <- function(x) {
    Racine <- vector("numeric", length = length(x))
    for (i in 1:length(x)) Racine[i] <- sqrt(x[i])
    return(Racine)
}
Vapply <- function(x) vapply(x, FUN = sqrt, 0)
mb <- microbenchmark(Vapply(x1), Boucle(x1))
summary(mb)[, c("expr", "median")]
```

```
##          expr   median
## 1 Vapply(x1) 370.0515
## 2 Boucle(x1)  88.2060
```

Boucles

Les boucles longues permettent un suivi

```
Boucle <- function(x) {
    pgb <- txtProgressBar(min = 0, max = length(x))
    Racine <- vector("numeric", length = length(x))
    for (i in 1:length(x)) {
        Racine[i] <- sqrt(x[i])
        setTxtProgressBar(pgb, i)
    }
    return(Racine)
}
RacineX <- Boucle(x1)
```

```
##  ==========================================================
```

replicate et vectorize

`replicate()` répète une instruction.

```
replicate(3, runif(1))
```

```
## [1] 0.30408941 0.32759044 0.03586431
```

est équivalent à `runif(3)`.

`vectorize()` rend vectorielle une fonction qui ne l'est pas par des boucles. Ecrire plutôt les boucles.

Vectoriser un problème

Données : inventaire d'une parcelle de Paracou, 4 carrés distincts.

Objectif : calculer le nombre d'arbres par espèce, le nombre d'arbres par carré, la biodiversité par carré.

Technique : utiliser les fonctions vectorielles, les fonctions de type `apply`, éventuellement des boucles.

Lecture des données

Installer le package EcoFoG à partir de GitHub

```
devtools::install_github("EcoFoG/EcoFoG")
```

Extraire les données

```
library("EcoFoG")
Paracou15 <- Paracou2df(WHERE = "Plot='15' AND CensusYear=2016")
```

Eric Marcon

Organisation des données

Création d'un tableau croisé :

```
Paracou15X <- as.data.frame.matrix(xtabs(~paste(Family,
    Genus, Species) + SubPlot, data = Paracou15))
Paracou15X[1:2, ]
```

```
##                                          1 2 3 4
## Anacardiaceae Anacardium spruceanum      1 2 4 2
## Anacardiaceae Tapirira guianensis        2 1 0 0
```

`as.data.frame.matrix` est la méthode de conversion des matrices en dataframes...

Statistiques marginales

`apply()` applique une fonction aux lignes ou colonnes d'un objet 2D.

`colSums()` et semblables (`colMeans()`, `rowMeans()`) sont optimisées.

```
mb <- microbenchmark(apply(Paracou15X, 2, sum), colSums(Paracou15X))
summary(mb)[, c("expr", "median")]
```

```
##                          expr  median
## 1 apply(Paracou15X, 2, sum) 96.8205
## 2       colSums(Paracou15X) 53.7440
```

```
colSums(Paracou15X)
```

```
##    1    2    3    4
##  835 1142 1087 1087
```

Comptage du nombre d'espèces

apply() ou préparation des données

```
mb <- microbenchmark(apply(Paracou15X, 2, function(x) x >
    0), colSums(Paracou15X > 0))
summary(mb)[, c("expr", "median")]
```

```
##                                                expr
## 1 apply(Paracou15X, 2, function(x) x > 0)
## 2                    colSums(Paracou15X > 0)
##      median
## 1 152.8205
## 2  67.6920
```

```
colSums(Paracou15X > 0)
```

```
##   1   2   3   4
## 183 198 186 191
```

Fonctions complexes

Estimation de la richesse spécifique avec entropart

```
library("entropart")
apply(Paracou15X, 2, Richness)
```

```
##         1         2         3         4
## 314.9133 277.9428 244.3140 312.3882
```

Performance de apply()

Comparaison avec une boucle

```
Boucle <- function(Cmnt) {
    Richesse <- vector("numeric", length = ncol(Cmnt))
    for (i in 1:ncol(Cmnt)) Richesse[i] <- Richness(Cmnt[,
        i])
    return(Richesse)
}
Apply <- function(Cmnt) apply(Cmnt, 2, Richness)
mb <- microbenchmark(Boucle(Paracou15X), Apply(Paracou15X))
summary(mb)[, c("expr", "median")]
```

```
##                    expr   median
## 1 Boucle(Paracou15X) 1.613949
## 2  Apply(Paracou15X) 1.707078
```

apply() clarifie (vectorise) le traitement mais ne l'accélère pas.