

# **guide-R**

**Guide pour l'analyse de données d'enquêtes avec R**

Joseph Larmarange

21 septembre 2022

# Table des matières

<b>Préface</b>	<b>5</b>
Remerciements . . . . .	7
Licence . . . . .	7
<b>I Bases du langage</b>	<b>8</b>
<b>1 Packages</b>	<b>9</b>
1.1 Installation (CRAN) . . . . .	10
1.2 Chargement . . . . .	10
1.3 Mise à jour . . . . .	11
1.4 Installation depuis GitHub . . . . .	12
1.5 Le tidyverse . . . . .	13
<b>2 Vecteurs</b>	<b>16</b>
2.1 Types et classes . . . . .	16
2.2 Création d'un vecteur . . . . .	17
2.3 Longueur d'un vecteur . . . . .	20
2.4 Combiner des vecteurs . . . . .	21
2.5 Vecteurs nommés . . . . .	21
2.6 Indexation par position . . . . .	23
2.7 Indexation par nom . . . . .	24
2.8 Indexation par condition . . . . .	25
2.9 Assignment par indexation . . . . .	29
2.10 En résumé . . . . .	30
2.11 webin-R . . . . .	31
<b>3 Listes</b>	<b>32</b>
3.1 Propriétés et création . . . . .	32
3.2 Indexation . . . . .	35
3.3 En résumé . . . . .	39
3.4 webin-R . . . . .	40

<b>4</b>	<b>Tableaux de données</b>	<b>41</b>
4.1	Propriétés et création . . . . .	41
4.2	Indexation . . . . .	43
4.3	Afficher les données . . . . .	47
4.4	En résumé . . . . .	54
4.5	webin-R . . . . .	55
<b>5</b>	<b>Tibbles</b>	<b>56</b>
5.1	Le concept de tidy data . . . . .	56
5.2	tibbles : des tableaux de données améliorés . . .	56
5.3	Données et tableaux imbriqués . . . . .	61
<b>6</b>	<b>Attributs</b>	<b>64</b>
<b>II</b>	<b>Manipulation de données</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Le pipe</b>	<b>68</b>
7.1	Le pipe natif de R : <code> &gt;</code> . . . . .	69
7.2	Le pipe du tidyverse : <code>%&gt;%</code> . . . . .	70
7.3	Vaut-il mieux utiliser <code> &gt;</code> ou <code>%&gt;%</code> ? . . . . .	71
7.4	Accéder à un élément avec <code>purrr::pluck()</code> et <code>purrr::chuck()</code> . . . . .	71
<b>8</b>	<b>dplyr</b>	<b>74</b>
8.1	Opérations sur les lignes . . . . .	75
8.1.1	<code>filter()</code> . . . . .	75
8.1.2	<code>slice()</code> . . . . .	80
8.1.3	<code>arrange()</code> . . . . .	81
8.1.4	<code>slice_sample()</code> . . . . .	83
8.1.5	<code>distinct()</code> . . . . .	85
8.2	Opérations sur les colonnes . . . . .	87
8.2.1	<code>select()</code> . . . . .	87
8.2.2	<code>relocate()</code> . . . . .	92
8.2.3	<code>rename()</code> . . . . .	92
8.2.4	<code>rename_with()</code> . . . . .	94
8.2.5	<code>pull()</code> . . . . .	94
8.2.6	<code>mutate()</code> . . . . .	95
8.3	Opérations groupées . . . . .	96
8.3.1	<code>group_by()</code> . . . . .	96
8.3.2	<code>summarise()</code> . . . . .	100
8.3.3	<code>count()</code> . . . . .	102

8.3.4	Grouper selon plusieurs variables . . . . .	103
8.4	Cheatsheet . . . . .	108
8.5	webin-R . . . . .	108
<b>9</b>	<b>Facteurs et forcats</b>	<b>109</b>
9.1	Création d'un facteur . . . . .	109
9.2	Changer l'ordre des modalités . . . . .	112
9.3	Modifier les modalités . . . . .	117
<b>10</b>	<b>Étiquettes de valeurs</b>	<b>125</b>
<b>III</b>	<b>Manipulation avancée</b>	<b>126</b>
<b>11</b>	<b>Dates avec lubridate</b>	<b>127</b>
<b>12</b>	<b>Réorganisation avec tidyr</b>	<b>128</b>

# Préface

## Site en construction

Le présent site est en cours de construction et sera complété dans les prochains mois.

En attendant, nous vous conseillons de consulter le site [analyse-R](https://larmarange.github.io/analyse-R/).

Ce guide porte sur l'analyse de données d'enquêtes avec le logiciel **R**, un logiciel libre de statistiques et de traitement de données. Les exemples présentés ici relèvent principalement du champs des sciences sociales quantitatives et des sciences de santé. Ils peuvent néanmoins s'appliquer à d'autres champs disciplinaires. Cependant, comme tout ouvrage, ce guide ne peut être exhaustif.

Ce guide présente comment réaliser des analyses statistiques et diverses opérations courantes (comme la manipulation de données ou la production de graphiques) avec **R**. Il ne s'agit pas d'un cours de statistiques : les différents chapitres présupposent donc que vous avez déjà une connaissance des différentes techniques présentées. Si vous souhaitez des précisions théoriques / méthodologiques à propos d'un certain type d'analyses, nous vous conseillons d'utiliser votre moteur de recherche préféré. En effet, on trouve sur internet de très nombreux supports de cours (sans compter les nombreux ouvrages spécialisés disponibles en librairie).

De même, il ne s'agit pas d'une introduction ou d'un guide pour les utilisatrices et utilisateurs débutant·es. Si vous découvrez **R**, nous vous conseillons la lecture de l'*Introduction à R et au tidyverse* de Julien Barnier (<https://juba.github.io/tidyverse/>). Vous pouvez également lire les chapitres introductifs d'*analyse-R : Introduction à l'analyse d'enquêtes avec R et RStudio* (<https://larmarange.github.io/analyse-R/>).

Néanmoins, quelques rappels sur les bases du langage sont fournis dans la section *Bases du langage*. Une bonne compréhension de ces dernières, bien qu'un peu ardue de prime abord, permet de comprendre le sens des commandes qu'on utilise et de pleinement exploiter la puissance que **R** offre en matière de manipulation de données.

**R** disposent de nombreuses extensions ou packages (plus de 16 000) et il existe souvent plusieurs manières de procéder pour arriver au même résultat. En particulier, en matière de manipulation de données, on oppose<sup>1</sup> souvent *base R* qui repose sur les fonctions disponibles en standard dans **R**, la majorité étant fournies dans les packages `{base}`, `{utils}` ou encore `{stats}`, qui sont toujours chargés par défaut, et le `{tidyverse}` qui est une collection de packages comprenant, entre autres, `{dplyr}`, `{tibble}`, `{tidyr}`, `{forcats}` ou encore `{ggplot2}`. Il y a un débat ouvert, parfois passionné, sur le fait de privilégier l'une ou l'autre approche, et les avantages et inconvénients de chacune dépendent de nombreux facteurs, comme la lisibilité du code ou bien les performances en temps de calcul. Dans ce guide, nous avons adopté un point de vue pragmatique et utiliserons, le plus souvent mais pas exclusivement, les fonctions du `{tidyverse}`, de même que nous avons privilégié d'autres packages, comme `{gtsummary}` ou `{questionr}` par exemple pour la statistique descriptive. Cela ne signifie pas, pour chaque point abordé, qu'il s'agit de l'unique manière de procéder. Dans certains cas, il s'agit simplement de préférences personnelles.

<sup>1</sup> Une comparaison des deux syntaxes est illustrée par une [vignette dédiée de dplyr](#).

Bien qu'il en reprenne de nombreux contenus, ce guide ne se substitue pas au site [analyse-R](#). Il s'agit plutôt d'une version complémentaire qui a vocation à être plus structurée et parfois plus sélective dans les contenus présentés.

En complément, on pourra également se référer aux [webin-R](#), une série de vidéos avec partage d'écran, librement accessibles sur Youtube : <https://www.youtube.com/c/webinR>.

Cette version du guide a utilisé *R version 4.2.1 (2022-06-23 ucrt)*. Ce document est généré avec [quarto](#) et le code source est disponible sur [GitHub](#). Pour toute suggestion ou correction, vous pouvez ouvrir un [ticket GitHub](#). Pour d'autres questions, vous pouvez utiliser les forums de discussion disponibles en bas

de chaque page sur la version web du guide. Ce document est régulièrement mis à jour. La dernière version est consultable sur <https://larmarange.github.io/guide-R/>.

## Remerciements

Ce document a bénéficié de différents apports provenant notamment de l'*Introduction à R* et de l'*Introduction à R et au tidyverse* de Julien Barnier et d'*analyse-R : introduction à l'analyse d'enquêtes avec R et RStudio*.

Merci donc à Julien Barnier, Julien Biaudet, François Briatte, Milan Bouchet-Valat, Ewen Gallic, Frédérique Giraud, Joël Gombin, Mayeul Kauffmann, Christophe Lalanne & Nicolas Robette.

## Licence

Ce document est mis à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International](#).



**partie I**

# **Bases du langage**



# 1 Packages

L'installation par défaut du logiciel **R** contient le cœur du programme ainsi qu'un ensemble de fonctions de base fournissant un grand nombre d'outils de traitement de données et d'analyse statistiques.

**R** étant un logiciel libre, il bénéficie d'une forte communauté d'utilisateurs qui peuvent librement contribuer au développement du logiciel en lui ajoutant des fonctionnalités supplémentaires. Ces contributions prennent la forme d'extensions (packages en anglais) pouvant être installées par l'utilisateur et fournissant alors diverses fonctionnalités supplémentaires.

Il existe un très grand nombre d'extensions (plus de 16 000 à ce jour), qui sont diffusées par un réseau baptisé **CRAN** (*Comprehensive R Archive Network*).

La liste de toutes les extensions disponibles sur **CRAN** est disponible ici : <http://cran.r-project.org/web/packages/>.

Pour faciliter un peu le repérage des extensions, il existe un ensemble de regroupements thématiques (économétrie, finance, génétique, données spatiales...) baptisés Task views : <http://cran.r-project.org/web/views/>.

On y trouve notamment une *Task view* dédiée aux sciences sociales, listant de nombreuses extensions potentiellement utiles pour les analyses statistiques dans ce champ disciplinaire : <http://cran.r-project.org/web/views/SocialSciences.html>.

On peut aussi citer le site *Awesome R* (<https://github.com/qinwf/awesome-R>) qui fournit une liste d'extensions choisies et triées par thématique.

## 1.1 Installation (CRAN)

L'installation d'une extension se fait par la fonction `install.packages()`, à qui on fournit le nom de l'extension. Par exemple, si on souhaite installer l'extension `{gtsummary}` :

```
install.packages("gtsummary")
```

Sous **RStudio**, on pourra également cliquer sur *Install* dans l'onglet *Packages* du quadrant inférieur droit.

Alternativement, on pourra avoir recours au package `{remotes}` et à sa fonction `remotes::install_cran()` :

```
remotes::install_cran("gtsummary")
```

### Note

Le package `{remotes}` n'est pas disponible par défaut sous **R** et devra donc être installé classiquement avec `install.packages("remotes")`. À la différence de `install.packages()`, `remotes::install_cran()` vérifie si le package est déjà installé et, si oui, si la version installée est déjà la dernière version, avant de procéder à une installation complète si et seulement si cela est nécessaire.

## 1.2 Chargement

Une fois un package installé (c'est-à-dire que ses fichiers ont été téléchargés et copiés sur votre ordinateur), ses fonctions et objets ne sont pas directement accessibles. Pour pouvoir les utiliser, il faut, **à chaque session de travail**, charger le package en mémoire avec la fonction `library()` ou la fonction `require()` :

```
library(gtsummary)
```

À partir de là, on peut utiliser les fonctions de l'extension, consulter leur page d'aide en ligne, accéder aux jeux de données qu'elle contient, etc.

Alternativement, pour accéder à un objet ou une fonction d'un package sans avoir à le charger en mémoire, on pourra avoir recours à l'opérateur `::`. Ainsi, l'écriture `p::f()` signifie la fonction `f()` du package `p`. Cette écriture sera notamment utilisée tout au long de ce guide pour indiquer à quel package appartient telle fonction : `remotes::install_cran()` indique que la fonction `install_cran()` provient du packages `{remotes}`.

#### ! Important

Il est important de bien comprendre la différence entre `install.packages()` et `library()`. La première va chercher un package sur internet et l'installe en local sur le disque dur de l'ordinateur. On n'a besoin d'effectuer cette opération qu'une seule fois. La seconde lit les informations de l'extension sur le disque dur et les met à disposition de **R**. On a besoin de l'exécuter à chaque début de session ou de script.

## 1.3 Mise à jour

Pour mettre à jour l'ensemble des packages installés, il suffit d'exécuter la fonction `update.packages()` :

```
update.packages()
```

Sous **RStudio**, on pourra alternativement cliquer sur *Update* dans l'onglet *Packages* du quadrant inférieur droit.

Si on souhaite désinstaller une extension précédemment installée, on peut utiliser la fonction `remove.packages()` :

```
remove.packages("gtsummary")
```

💡 Installer / Mettre à jour les packages utilisés par un projet

Après une mise à jour majeure de **R**, il est souvent nécessaire de réinstaller tous les packages utilisés. De même, on peut parfois souhaiter mettre à jour uniquement les packages utilisés par un projet donné sans avoir à mettre à jour tous les autres packages présents sur son PC.

Une astuce consiste à avoir recours à la fonction `renv::dependencies()` qui examine le code du projet courant pour identifier les packages utilisés, puis à passer cette liste de packages à `remotes::install_cran()` qui installera les packages manquants ou pour lesquels une mise à jour est disponible.

Il vous suffit d'exécuter la commande ci-dessous :

```
renv::dependencies() |>
  purrr::pluck("Package") |>
  remotes::install_cran()
```

## 1.4 Installation depuis GitHub

Certains packages ne sont pas disponibles sur **CRAN** mais seulement sur **GitHub**, une plateforme de développement informatique. Il s'agit le plus souvent de packages qui ne sont pas encore suffisamment matures pour être diffusés sur **CRAN** (sachant que des vérifications strictes sont effectués avant qu'un package ne soit référencés sur **CRAN**).

Dans d'autres cas de figure, la dernière version stable d'un package est disponible sur **CRAN** tandis que la version en cours de développement est, elle, disponible sur **GitHub**. Il faut être vigilant avec les versions de développement. Parfois, elle corrige un bug ou introduit une nouvelle fonctionnalité qui n'est pas encore dans la version stable. Mais les versions de développement peuvent aussi contenir de nouveaux bugs ou des fonctionnalités instables.

### ⚠ Sous Windows

Pour les utilisatrices et utilisateurs sous **Windows**, il faut être conscient que le code source d'un package doit être compilé afin de pouvoir être utilisé. **CRAN** fournit une version des packages déjà compilée pour **Windows** ce qui facilite l'installation.

Par contre, lorsque l'on installe un package depuis **GitHub**, **R** ne récupère que le code source et il est donc nécessaire de compiler localement le package. Pour cela, il est nécessaire que soit installé sur le PC un outil complémentaire appelé **RTools**. Il est téléchargeable à l'adresse <https://cran.r-project.org/bin/windows/Rtools/>.

Le code source du package `{labelled}` est disponible sur **GitHub** à l'adresse <https://github.com/larmarange/labelled>. Pour installer la version de développement de `{labelled}`, on aura recours à la fonction `remotes::install_github()` à laquelle on passera la partie située à droite de <https://github.com/> dans l'URL du package, à savoir :

```
remotes::install_github("larmarange/labelled")
```

## 1.5 Le tidyverse

Le terme `{tidyverse}` est une contraction de *tidy* (qu'on pourrait traduire par bien rangé) et de *universe*. Il s'agit en fait d'une collection de packages conçus pour travailler ensemble et basés sur une philosophie commune.

Ils abordent un très grand nombre d'opérations courantes dans **R** (la liste n'est pas exhaustive) :

- visualisation (`{ggplot2}`)
- manipulation des tableaux de données (`{dplyr}`, `{tidyr}`)
- import/export de données (`{readr}`, `{readxl}`, `{haven}`)
- manipulation de variables (`{forcats}`, `{stringr}`, `{lubridate}`)

- programmation (`{purrr}`, `{magrittr}`, `{glue}`)

Un des objectifs de ces extensions est de fournir des fonctions avec une syntaxe cohérente, qui fonctionnent bien ensemble, et qui retournent des résultats prévisibles. Elles sont en grande partie issues du travail d'[Hadley Wickham](#), qui travaille désormais pour [RStudio](#).

`{tidyverse}` est également le nom d'une extension générique qui permet d'installer en une seule commande l'ensemble des packages constituant le *tidyverse* :

```
install.packages("tidyverse")
```

Lorsque l'on charge le package `{tidyverse}` avec `library()`, cela charge également en mémoire les principaux packages du *tidyverse*<sup>2</sup>.

```
library(tidyverse)
```

<sup>2</sup> Si on a besoin d'un autre package du *tidyverse* comme `{lubridate}`, il faudra donc le charger individuellement.

```
-- Attaching packages ----- tidyverse 1.3.2 --
v ggplot2 3.3.6      v purrr   0.3.4
v tibble  3.1.8      v dplyr   1.0.10
v tidyr   1.2.1      v stringr 1.4.1
v readr   2.1.2      v forcats 0.5.2
-- Conflicts ----- tidyverse_conflicts() --
x dplyr::filter() masks stats::filter()
x dplyr::lag()    masks stats::lag()
```



Figure 1.1: Packages chargés avec `library(tidyverse)`

## 2 Vecteurs

Les vecteurs sont l'objet de base de **R** et correspondent à une liste de valeurs. Leurs propriétés fondamentales sont :

- les vecteurs sont unidimensionnels (i.e. ce sont des objets à une seule dimension, à la différence d'une matrice par exemple) ;
- toutes les valeurs d'un vecteur sont d'un seul et même type ;
- les vecteurs ont une longueur qui correspond au nombre de valeurs contenues dans le vecteur.

### 2.1 Types et classes

Dans **R**, il existe plusieurs types fondamentaux de vecteurs et, en particulier, :

- les nombres réels (c'est-à-dire les nombres décimaux<sup>3</sup>), par exemple 5.23 ;
- les nombres entiers, que l'on saisi en ajoutant le suffixe L<sup>4</sup>, par exemple 4L ;
- les chaînes de caractères (qui correspondent à du texte), que l'on saisit avec des guillemets doubles (") ou simples ('), par exemple "abc" ;
- les valeurs logiques ou valeurs booléennes, à savoir vrai ou faux, que l'on représente avec les mots **TRUE** et **FALSE** (en majuscules<sup>5</sup>).

En plus de ces types de base, il existe de nombreux autres types de vecteurs utilisés pour représenter toutes sortes de données, comme les facteurs (voir Chapitre 9) ou les dates (voir Chapitre 11).

<sup>3</sup> Pour rappel, **R** étant anglophone, le caractère utilisé pour indiquer les chiffres après la virgule est le point (.).

<sup>4</sup> **R** utilise 32 bits pour représenter des nombres entiers, ce qui correspond en informatique à des entiers longs ou *long integers* en anglais, d'où la lettre L utilisée pour indiquer un nombre entier.

<sup>5</sup> On peut également utiliser les raccourcis T et F. Cependant, pour une meilleure lisibilité du code, il est préférable d'utiliser les versions longues **TRUE** et **FALSE**.



La fonction `class()` renvoie la nature d'un vecteur tandis que la fonction `typeof()` indique la manière dont un vecteur est stocké de manière interne par **R**.

Table 2.1: Le type et la classe des principaux types de vecteurs

x	class(x)	typeof(x)
3L	integer	integer
5.3	numeric	double
TRUE	logical	logical
"abc"	character	character
factor("a")	factor	integer
as.Date("2020-01-01")	Date	double

#### Astuce

Pour un vecteur numérique, le type est **"double"** car **R** utilise une double précision pour stocker informatiquement les nombres réels.

En interne, les facteurs sont représentés par un nombre entier auquel est attaché une étiquette, c'est pourquoi `typeof()` renvoie **"integer"**.

Quand aux dates, elles sont stockées en interne sous la forme d'un nombre réel représentant le nombre de jours depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1970, d'où le fait que `typeof()` renvoie **"double"**.

## 2.2 Création d'un vecteur

Pour créer un vecteur, on utilisera la fonction `c()` en lui passant la liste des valeurs à combiner<sup>6</sup>.

```
taille <- c(1.88, 1.65, 1.92, 1.76, NA, 1.72)
taille
```

```
[1] 1.88 1.65 1.92 1.76    NA 1.72
```

<sup>6</sup> La lettre **c** est un raccourci du mot anglais *combine*, puisque cette fonction permet de combiner des valeurs individuelles dans un vecteur unique.

```
sexe <- c("h", "f", "h", "f", "f", "f")
sexe
```

```
[1] "h" "f" "h" "f" "f" "f"
```

```
urbain <- c(TRUE, TRUE, FALSE, FALSE, FALSE, TRUE)
urbain
```

```
[1] TRUE TRUE FALSE FALSE FALSE TRUE
```

Nous l'avons vu, toutes les valeurs d'un vecteur doivent obligatoirement être du même type. Dès lors, si on essaie de combiner des valeurs de différents types, **R** essaiera de les convertir au mieux. Par exemple :

```
x <- c(2L, 3.14, "a")
x
```

```
[1] "2"      "3.14"   "a"
```

```
class(x)
```

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

Dans le cas présent, toutes les valeurs ont été converties en chaînes de caractères.

Dans certaines situations, on peut avoir besoin de créer un vecteur d'une certaine longueur mais dont toutes les valeurs sont identiques. Cela se réalise facilement avec `rep()` à qui on indiquera la valeur à répéter puis le nombre de répétitions :

```
rep(2, 10)
```

```
[1] 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
```

On peut aussi lui indiquer plusieurs valeurs qui seront alors répétées en boucle :

```
rep(c("a", "b"), 3)
```

```
[1] "a" "b" "a" "b" "a" "b"
```

Dans d'autres situations, on peut avoir besoin de créer un vecteur contenant une suite de valeurs, ce qui se réalise aisément avec `seq()` à qui on précisera les arguments **from** (point de départ), **to** (point d'arrivée) et **by** (pas). Quelques exemples valent mieux qu'un long discours :

```
seq(1, 10)
```

```
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

```
seq(5, 17, by = 2)
```

```
[1] 5 7 9 11 13 15 17
```

```
seq(10, 0)
```

```
[1] 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
```

```
seq(100, 10, by = -10)
```

```
[1] 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10
```

```
seq(1.23, 5.67, by = 0.33)
```

```
[1] 1.23 1.56 1.89 2.22 2.55 2.88 3.21 3.54 3.87 4.20 4.53 4.86 5.19 5.52
```

L'opérateur `:` est un raccourci de la fonction `seq()` pour créer une suite de nombres entiers. Il s'utilise ainsi :

```
1:5
```

```
[1] 1 2 3 4 5
```

```
24:32
```

```
[1] 24 25 26 27 28 29 30 31 32
```

```
55:43
```

```
[1] 55 54 53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43
```

## 2.3 Longueur d'un vecteur

La longueur d'un vecteur correspond au nombre de valeurs qui le composent. Elle s'obtient avec `length()` :

```
length(taille)
```

```
[1] 6
```

```
length(c("a", "b"))
```

```
[1] 2
```

La longueur d'un vecteur vide (`NULL`) est zéro.

```
length(NULL)
```

```
[1] 0
```

## 2.4 Combiner des vecteurs

Pour combiner des vecteurs, rien de plus simple. Il suffit d'utiliser `c()` ! Les valeurs des différents vecteurs seront mises bout à bout pour créer un unique vecteur.

```
x <- c(2, 1, 3, 4)
length(x)
```

```
[1] 4
```

```
y <- c(9, 1, 2, 6, 3, 0)
length(y)
```

```
[1] 6
```

```
z <- c(x, y)
z
```

```
[1] 2 1 3 4 9 1 2 6 3 0
```

```
length(z)
```

```
[1] 10
```

## 2.5 Vecteurs nommés

Les différentes valeurs d'un vecteur peuvent être nommées. Une première manière de nommer les éléments d'un vecteur est de le faire à sa création :

```
sexe <- c(
  Michel = "h", Anne = "f",
  Dominique = NA, Jean = "h",
```

```
Claude = NA, Marie = "f"
)
```

Lorsqu'on affiche le vecteur, la présentation change quelque peu.

```
sexe
```

```
Michel      Anne Dominique  Jean   Claude  Marie
  "h"        "f"         NA    "h"      NA    "f"
```

La liste des noms s'obtient avec `names()`.

```
names(sexe)
```

```
[1] "Michel"      "Anne"        "Dominique" "Jean"        "Claude"      "Marie"
```

Pour ajouter ou modifier les noms d'un vecteur, on doit attribuer un nouveau vecteur de noms :

```
names(sexe) <- c("Michael", "Anna", "Dom", "John", "Alex", "Mary")
sexe
```

```
Michael     Anna      Dom      John     Alex     Mary
  "h"        "f"        NA      "h"      NA      "f"
```

Pour supprimer tous les noms, il y a la fonction `unname()` :

```
anonyme <- unname(sexe)
anonyme
```

```
[1] "h" "f" NA  "h" NA  "f"
```

## 2.6 Indexation par position

L'indexation est l'une des fonctionnalités les plus puissantes mais aussi les plus difficiles à maîtriser de **R**. Il s'agit d'opérations permettant de sélectionner des sous-ensembles de valeurs en fonction de différents critères. Il existe trois types d'indexation : (i) l'indexation par position, (ii) l'indexation par nom et (iii) l'indexation par condition. Le principe est toujours le même : on indique entre crochets<sup>7</sup> (`[]`) ce qu'on souhaite garder ou non.

Commençons par l'indexation par position encore appelée indexation directe. Ce mode le plus simple d'indexation consiste à indiquer la position des éléments à conserver.

Reprenons notre vecteur `taille` :

```
taille
```

```
[1] 1.88 1.65 1.92 1.76 NA 1.72
```

Si on souhaite le premier élément du vecteur, on peut faire :

```
taille[1]
```

```
[1] 1.88
```

Si on souhaite les trois premiers éléments ou les éléments 2, 5 et 6 :

```
taille[1:3]
```

```
[1] 1.88 1.65 1.92
```

```
taille[c(2, 5, 6)]
```

```
[1] 1.65 NA 1.72
```

Si on veut le dernier élément :

<sup>7</sup> Pour rappel, les crochets s'obtiennent sur un clavier français de type PC en appuyant sur la touche Alt Gr et la touche ( ou ).

```
taille[length(taille)]
```

```
[1] 1.72
```

Il est tout à fait possible de sélectionner les valeurs dans le désordre :

```
taille[c(5, 1, 4, 3)]
```

```
[1] NA 1.88 1.76 1.92
```

Dans le cadre de l'indexation par position, il est également possible de spécifier des nombres négatifs, auquel cas cela signifiera toutes les valeurs sauf celles-là. Par exemple :

```
taille[c(-1, -5)]
```

```
[1] 1.65 1.92 1.76 1.72
```

À noter, si on indique une position au-delà de la longueur du vecteur, **R** renverra NA. Par exemple :

```
taille[23:25]
```

```
[1] NA NA NA
```

## 2.7 Indexation par nom

Lorsqu'un vecteur est nommé, il est dès lors possible d'accéder à ses valeurs à partir de leur nom. Il s'agit de l'indexation par nom.

```
sexe["Anna"]
```

```
Anna  
"f"
```



```
sexe[c("Mary", "Michael", "John")]
```

Mary	Michael	John
"f"	"h"	"h"

Par contre il n'est pas possible d'utiliser l'opérateur `-` comme pour l'indexation directe. Pour exclure un élément en fonction de son nom, on doit utiliser une autre forme d'indexation, l'indexation par condition, expliquée dans la section suivante. On peut ainsi faire...

```
sexe[names(sexe) != "Dom"]
```

... pour sélectionner tous les éléments sauf celui qui s'appelle Dom.

## 2.8 Indexation par condition

L'indexation par condition consiste à fournir un vecteur logique indiquant si chaque élément doit être inclus (si `TRUE`) ou exclu (si `FALSE`). Par exemple :

```
sexe
```

Michael	Anna	Dom	John	Alex	Mary
"h"	"f"	NA	"h"	NA	"f"

```
sexe[c(TRUE, FALSE, FALSE, TRUE, FALSE, FALSE)]
```

Michael	John
"h"	"h"

Écrire manuellement une telle condition n'est pas très pratique à l'usage. Mais supposons que nous ayons également à notre disposition les deux vecteurs suivants, également de longueur 6.

```
urbain <- c(TRUE, TRUE, FALSE, FALSE, FALSE, TRUE)
poids <- c(80, 63, 75, 87, 82, 67)
```

Le vecteur `urbain` est un vecteur logique. On peut directement l'utiliser pour avoir le sexe des enquêtés habitant en milieu urbain :

```
sexe[urbain]
```

```
Michael    Anna    Mary
    "h"      "f"      "f"
```

Supposons qu'on souhaite maintenant avoir la taille des individus pesant 80 kilogrammes ou plus. Nous pouvons effectuer une comparaison à l'aide des opérateurs de comparaison suivants :

Table 2.2: Opérateurs de comparaison

Opérateur de comparaison	Signification
<code>==</code>	égal à
<code>%in%</code>	appartient à
<code>!=</code>	différent de
<code>&gt;</code>	strictement supérieur à
<code>&lt;</code>	strictement inférieur à
<code>&gt;=</code>	supérieur ou égal à
<code>&lt;=</code>	inférieur ou égal à

Voyons tout de suite un exemple :

```
poids >= 80
```

```
[1] TRUE FALSE FALSE TRUE TRUE FALSE
```

Que s'est-il passé ? Nous avons fourni à **R** une condition et il nous a renvoyé un vecteur logique avec autant d'éléments qu'il y a d'observations et dont la valeur est `TRUE` si la condition

est remplie et **FALSE** dans les autres cas. Nous pouvons alors utiliser ce vecteur logique pour obtenir la taille des participants pesant 80 kilogrammes ou plus :

```
taille[poids >= 80]
```

```
[1] 1.88 1.76 NA
```

On peut combiner ou modifier des conditions à l'aide des opérateurs logiques habituels :

Table 2.3: Opérateurs logiques

Opérateur logique	Signification
&	et logique
	ou logique
!	négation logique

Supposons que je veuille identifier les personnes pesant 80 kilogrammes ou plus **et** vivant en milieu urbain :

```
poids >= 80 & urbain
```

```
[1] TRUE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
```

Les résultats sont différents si je souhaite isoler les personnes pesant 80 kilogrammes ou plus **ou** vivant milieu urbain :

```
poids >= 80 | urbain
```

```
[1] TRUE TRUE FALSE TRUE TRUE TRUE
```

### ! Comparaison et valeur manquante

Une remarque importante : quand l'un des termes d'une condition comporte une valeur manquante (**NA**), le résultat

de cette condition n'est pas toujours TRUE ou FALSE, il peut aussi être à son tour une valeur manquante.

```
taille
```

```
[1] 1.88 1.65 1.92 1.76    NA 1.72
```

```
taille > 1.8
```

```
[1]  TRUE FALSE  TRUE FALSE    NA FALSE
```

On voit que le test `NA > 1.8` ne renvoie ni vrai ni faux, mais NA.

Une autre conséquence importante de ce comportement est qu'on ne peut pas utiliser l'opérateur l'expression `== NA` pour tester la présence de valeurs manquantes. On utilisera à la place la fonction *ad hoc* `is.na()` :

```
is.na(taille > 1.8)
```

```
[1] FALSE FALSE FALSE FALSE  TRUE FALSE
```

Pour compliquer encore un peu le tout, lorsqu'on utilise une condition pour l'indexation, si la condition renvoie NA, **R** ne sélectionne pas l'élément mais retourne quand même la valeur NA. Ceci a donc des conséquences sur le résultat d'une indexation par comparaison.

Par exemple si je cherche à connaître le poids des personnes mesurant 1,80 mètre ou plus :

```
taille
```

```
[1] 1.88 1.65 1.92 1.76    NA 1.72
```

```
poids
```

```
[1] 80 63 75 87 82 67
```

```
poids[taille > 1.8]
```

```
[1] 80 75 NA
```

Les éléments pour lesquels la taille n'est pas connue ont été transformés en `NA`, ce qui n'influera pas le calcul d'une moyenne. Par contre, lorsqu'on utilisera assignation et indexation ensemble, cela peut créer des problèmes. Il est donc préférable lorsqu'on a des valeurs manquantes de les exclure ainsi :

```
poids[taille > 1.8 & !is.na(taille)]
```

```
[1] 80 75
```

## 2.9 Assignment par indexation

L'indexation peut être combinée avec l'assignation (opérateur `<-`) pour modifier seulement certaines parties d'un vecteur. Ceci fonctionne pour les différents types d'indexation évoqués précédemment.

```
v <- 1:5  
v
```

```
[1] 1 2 3 4 5
```

```
v[1] <- 3  
v
```

```
[1] 3 2 3 4 5
```

```
sexe["Alex"] <- "non-binaire"  
sexe
```

Michael	Anna	Dom	John	Alex
"h"	"f"	NA	"h"	"non-binaire"
Mary				
"f"				

Enfin on peut modifier plusieurs éléments d'un seul coup soit en fournissant un vecteur, soit en profitant du mécanisme de recyclage. Les deux commandes suivantes sont ainsi rigoureusement équivalentes :

```
sexe[c(1,3,4)] <- c("Homme", "Homme", "Homme")
sexe[c(1,3,4)] <- "Homme"
```

L'assignation par indexation peut aussi être utilisée pour ajouter une ou plusieurs valeurs à un vecteur :

```
length(sexe)
```

```
[1] 6
```

```
sexe[7] <- "f"
sexe
```

Michael	Anna	Dom	John	Alex
"Homme"	"f"	"Homme"	"Homme"	"non-binaire"
Mary				
"f"	"f"			

```
length(sexe)
```

```
[1] 7
```

## 2.10 En résumé

- Un vecteur est un objet unidimensionnel contenant une liste de valeurs qui sont toutes du même type (entières, numériques, textuelles ou logiques).
- La fonction `class()` permet de connaître le type du vecteur et la fonction `length()` sa longueur, c'est-à-dire son nombre d'éléments.
- La fonction `c()` sert à créer et à combiner des vecteurs.

- Les valeurs manquantes sont représentées avec `NA`.
- Un vecteur peut être nommé, c'est-à-dire qu'un nom textuel a été associé à chaque élément. Cela peut se faire lors de sa création ou avec la fonction `names()`.
- L'indexation consiste à extraire certains éléments d'un vecteur. Pour cela, on indique ce qu'on souhaite extraire entre crochets (`[]`) juste après le nom du vecteur. Le type d'indexation dépend du type d'information transmise.
- S'il s'agit de nombres entiers, c'est l'indexation par position : les nombres représentent la position dans le vecteur des éléments qu'on souhaite extraire. Un nombre négatif s'interprète comme tous les éléments sauf celui-là.
- Si on indique des chaînes de caractères, c'est l'indexation par nom : on indique le nom des éléments qu'on souhaite extraire. Cette forme d'indexation ne fonctionne que si le vecteur est nommé.
- Si on transmet des valeurs logiques, le plus souvent sous la forme d'une condition, c'est l'indexation par condition : `TRUE` indique les éléments à extraire et `FALSE` les éléments à exclure. Il faut être vigilant aux valeurs manquantes (`NA`) dans ce cas précis.
- Enfin, il est possible de ne modifier que certains éléments d'un vecteur en ayant recours à la fois à l'indexation (`[]`) et à l'assignation (`<-`).

## 2.11 webin-R

On pourra également se référer au webin-R #02 (*les bases du langage R*) sur [YouTube](https://youtu.be/Eh8piunoqQc).

<https://youtu.be/Eh8piunoqQc>

## 3 Listes

Par nature, les vecteurs ne peuvent contenir que des valeurs de même type (numérique, textuel ou logique). Or, on peut avoir besoin de représenter des objets plus complexes composés d'éléments disparates. C'est ce que permettent les listes.

### 3.1 Propriétés et création

Une liste se crée tout simplement avec la fonction `list()` :

```
l1 <- list(1:5, "abc")  
l1
```

```
[[1]]  
[1] 1 2 3 4 5
```

```
[[2]]  
[1] "abc"
```

Une liste est un ensemble d'objets, quels qu'ils soient, chaque élément d'une liste pouvant avoir ses propres dimensions. Dans notre exemple précédent, nous avons créé une liste `l1` composée de deux éléments : un vecteur d'entiers de longueur 5 et un vecteur textuel de longueur 1. La longueur d'une liste correspond aux nombres d'éléments qu'elle contient et s'obtient avec `length()` :

```
length(l1)
```

```
[1] 2
```



Comme les vecteurs, une liste peut être nommée et les noms des éléments d'une liste sont accessibles avec `names()` :

```
l2 <- list(  
  minuscules = letters,  
  majuscules = LETTERS,  
  mois = month.name  
)  
l2
```

`$minuscules`

```
[1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"  
[20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
```

`$majuscules`

```
[1] "A" "B" "C" "D" "E" "F" "G" "H" "I" "J" "K" "L" "M" "N" "O" "P" "Q" "R" "S"  
[20] "T" "U" "V" "W" "X" "Y" "Z"
```

`$mois`

```
[1] "January"    "February"   "March"      "April"      "May"        "June"  
[7] "July"       "August"     "September"  "October"    "November"   "December"
```

```
length(l2)
```

```
[1] 3
```

```
names(l2)
```

```
[1] "minuscules" "majuscules" "mois"
```

Que se passe-t-il maintenant si on effectue la commande suivante ?

```
l <- list(l1, l2)
```

À votre avis, quelle est la longueur de cette nouvelle liste `l` ?  
5 ?

```
length(l)
```

```
[1] 2
```

Eh bien non ! Elle est de longueur 2 car nous avons créé une liste composée de deux éléments qui sont eux-mêmes des listes. Cela est plus lisible si on fait appel à la fonction `str()` qui permet de visualiser la structure d'un objet.

```
str(l)
```

```
List of 2
 $ :List of 2
  ..$ : int [1:5] 1 2 3 4 5
  ..$ : chr "abc"
 $ :List of 3
  ..$ minuscules: chr [1:26] "a" "b" "c" "d" ...
  ..$ majuscules: chr [1:26] "A" "B" "C" "D" ...
  ..$ mois      : chr [1:12] "January" "February" "March" "April" ...
```

Une liste peut contenir tous types d'objets, y compris d'autres listes. Pour combiner les éléments d'une liste, il faut utiliser la fonction `append()` :

```
l <- append(l1, l2)
length(l)
```

```
[1] 5
```

```
str(l)
```

```
List of 5
 $      : int [1:5] 1 2 3 4 5
 $      : chr "abc"
 $ minuscules: chr [1:26] "a" "b" "c" "d" ...
 $ majuscules: chr [1:26] "A" "B" "C" "D" ...
 $ mois      : chr [1:12] "January" "February" "March" "April" ...
```

### **i** Note

On peut noter en passant qu'une liste peut tout à fait n'être que partiellement nommée.

## 3.2 Indexation

Les crochets simples (`[]`) fonctionnent comme pour les vecteurs. On peut utiliser à la fois l'indexation par position, l'indexation par nom et l'indexation par condition.

```
1
```

```
[[1]]
```

```
[1] 1 2 3 4 5
```

```
[[2]]
```

```
[1] "abc"
```

```
$minuscules
```

```
[1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
```

```
[20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
```

```
$majuscules
```

```
[1] "A" "B" "C" "D" "E" "F" "G" "H" "I" "J" "K" "L" "M" "N" "O" "P" "Q" "R" "S"
```

```
[20] "T" "U" "V" "W" "X" "Y" "Z"
```

```
$mois
```

```
[1] "January" "February" "March" "April" "May" "June"
```

```
[7] "July" "August" "September" "October" "November" "December"
```

```
1[c(1,3,4)]
```

```
[[1]]
```

```
[1] 1 2 3 4 5
```

```
$minuscules
```

```
[1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
[20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
```

```
$majuscules
```

```
[1] "A" "B" "C" "D" "E" "F" "G" "H" "I" "J" "K" "L" "M" "N" "O" "P" "Q" "R" "S"
[20] "T" "U" "V" "W" "X" "Y" "Z"
```

```
l[c("majuscules", "minuscules")]
```

```
$majuscules
```

```
[1] "A" "B" "C" "D" "E" "F" "G" "H" "I" "J" "K" "L" "M" "N" "O" "P" "Q" "R" "S"
[20] "T" "U" "V" "W" "X" "Y" "Z"
```

```
$minuscules
```

```
[1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
[20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
```

```
l[c(TRUE, TRUE, FALSE, FALSE, TRUE)]
```

```
[[1]]
```

```
[1] 1 2 3 4 5
```

```
[[2]]
```

```
[1] "abc"
```

```
$mois
```

```
[1] "January" "February" "March" "April" "May" "June"
[7] "July" "August" "September" "October" "November" "December"
```

Même si on extrait un seul élément, l'extraction obtenue avec les crochets simples renvoie toujours une liste, ici composée d'un seul élément :

```
str(l[1])
```

```
List of 1
```

```
$ : int [1:5] 1 2 3 4 5
```

Supposons que je souhaite calculer la moyenne des valeurs du premier élément de ma liste. Essayons la commande suivante :

```
mean(l[1])
```

```
Warning in mean.default(l[1]): l'argument n'est ni numérique, ni logique :  
renvoi de NA
```

```
[1] NA
```

Nous obtenons un message d'erreur. En effet, **R** ne sait pas calculer une moyenne à partir d'une liste. Ce qu'il lui faut, c'est un vecteur de valeurs numériques. Autrement dit, ce que nous cherchons à obtenir c'est le contenu même du premier élément de notre liste et non une liste à un seul élément.

C'est ici que les doubles crochets (`[[ ]]`) vont rentrer en jeu. Pour ces derniers, nous pourrions utiliser l'indexation par position ou l'indexation par nom, mais pas l'indexation par condition. De plus, le critère qu'on indiquera doit indiquer **un et un seul** élément de notre liste. Au lieu de renvoyer une liste à un élément, les doubles crochets vont renvoyer l'élément désigné.

```
str(l[[1]])
```

```
List of 1  
 $ : int [1:5] 1 2 3 4 5
```

```
str(l[[1]])
```

```
int [1:5] 1 2 3 4 5
```

Maintenant, nous pouvons calculer notre moyenne :

```
mean(l[[1]])
```

```
[1] 3
```

Nous pouvons aussi utiliser l'indexation par nom.

```
l[["mois"]]
```

```
[1] "January" "February" "March"    "April"    "May"      "June"
[7] "July"    "August"   "September" "October"   "November" "December"
```

Mais il faut avouer que cette écriture avec doubles crochets et guillemets est un peu lourde. Heureusement, un nouvel acteur entre en scène : le symbole dollar (\$). C'est un raccourci des doubles crochets pour l'indexation par nom qu'on utilise ainsi :

```
l$mois
```

```
[1] "January" "February" "March"    "April"    "May"      "June"
[7] "July"    "August"   "September" "October"   "November" "December"
```

Les écritures `l$mois` et `l[["mois"]]` sont équivalentes. Attention ! Cela ne fonctionne que pour l'indexation par nom.

```
l$1
```

Error: unexpected numeric constant in "l\$1"

L'assignation par indexation fonctionne également avec les doubles crochets ou le signe dollar :

```
l[[2]] <- list(c("un", "vecteur", "textuel"))
l$mois <- c("Janvier", "Février", "Mars")
l
```

```

[[1]]
[1] 1 2 3 4 5

[[2]]
[[2]][[1]]
[1] "un"          "vecteur" "textuel"

$minuscules
[1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s"
[20] "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"

$majuscules
[1] "A" "B" "C" "D" "E" "F" "G" "H" "I" "J" "K" "L" "M" "N" "O" "P" "Q" "R" "S"
[20] "T" "U" "V" "W" "X" "Y" "Z"

$mois
[1] "Janvier" "Février" "Mars"

```

### 3.3 En résumé

- Les listes sont des objets unidimensionnels pouvant contenir tout type d'objet, y compris d'autres listes.
- Elles ont une longueur qu'on obtient avec `length()`.
- On crée une liste avec `list()` et on peut fusionner des listes avec `append()`.
- Tout comme les vecteurs, les listes peuvent être nommées et les noms des éléments s'obtiennent avec `base::names()`.
- Les crochets simples (`[]`) permettent de sélectionner les éléments d'une liste, en utilisant l'indexation par position, l'indexation par nom ou l'indexation par condition. Cela renvoie toujours une autre liste.
- Les doubles crochets (`[[ ]]`) renvoient directement le contenu d'un élément de la liste qu'on aura sélectionné par position ou par nom.
- Le symbole `$` est un raccourci pour facilement sélectionner un élément par son nom, `liste$nom` étant équivalent à `liste[["nom"]]`.

## 3.4 webin-R

On pourra également se référer au webin-R #02 (*les bases du langage R*) sur [YouTube](#).

<https://youtu.be/Eh8piunoqQc>



## 4 Tableaux de données

Les tableaux de données, ou *data frame* en anglais, est un type d'objets essentiel pour les données d'enquêtes.

### 4.1 Propriétés et création

Dans **R**, les tableaux de données sont tout simplement des listes (voir Chapitre 3) avec quelques propriétés spécifiques :

- les tableaux de données ne peuvent contenir que des vecteurs ;
- tous les vecteurs d'un tableau de données ont la même longueur ;
- tous les éléments d'un tableau de données sont nommés et ont chacun un nom unique.

Dès lors, un tableau de données correspond aux fichiers de données qu'on a l'habitude de manipuler dans d'autres logiciels de statistiques comme **SPSS** ou **Stata**. Les variables sont organisées en colonnes et les observations en lignes.

On peut créer un tableau de données avec la fonction `data.frame()` :

```
df <- data.frame(  
  sexe = c("f", "f", "h", "h"),  
  age = c(52, 31, 29, 35),  
  blond = c(FALSE, TRUE, TRUE, FALSE)  
)  
df
```

```
sexe age blond  
1    f  52 FALSE
```

```
2    f  31  TRUE
3    h  29  TRUE
4    h  35 FALSE
```

```
str(df)
```

```
'data.frame':  4 obs. of  3 variables:
 $ sexe : chr  "f" "f" "h" "h"
 $ age  : num  52 31 29 35
 $ blond: logi  FALSE TRUE TRUE FALSE
```

Un tableau de données étant une liste, la fonction `length()` renverra le nombre d'éléments de la liste, donc dans le cas présent le nombre de variables, et `names()` leurs noms :

```
length(df)
```

```
[1] 3
```

```
names(df)
```

```
[1] "sexe" "age"  "blond"
```

Comme tous les éléments d'un tableau de données ont la même longueur, cet objet peut être vu comme bidimensionnel. Les fonctions `nrow()`, `ncol()` et `dim()` donnent respectivement le nombre de lignes, le nombre de colonnes et les dimensions de notre tableau.

```
nrow(df)
```

```
[1] 4
```

```
ncol(df)
```

```
[1] 3
```

```
dim(df)
```

```
[1] 4 3
```

De plus, tout comme les colonnes ont un nom, il est aussi possible de nommer les lignes avec `row.names()` :

```
row.names(df) <- c("Anna", "Mary-Ann", "Michael", "John")
df
```

	sexe	age	blond
Anna	f	52	FALSE
Mary-Ann	f	31	TRUE
Michael	h	29	TRUE
John	h	35	FALSE

## 4.2 Indexation

Les tableaux de données étant des listes, nous pouvons donc utiliser les crochets simples (`[]`), les crochets doubles (`[[[]]`) et le symbole dollar (`$`) pour extraire des parties de notre tableau, de la même manière que pour n'importe quelle liste.

```
df[1]
```

	sexe
Anna	f
Mary-Ann	f
Michael	h
John	h

```
df[[1]]
```

```
[1] "f" "f" "h" "h"
```

```
df$sexe
```

```
[1] "f" "f" "h" "h"
```

Cependant, un tableau de données étant un objet bidimensionnel, il est également possible d'extraire des données sur deux dimensions, à savoir un premier critère portant sur les lignes et un second portant sur les colonnes. Pour cela, nous utiliserons les crochets simples ([]) en séparant nos deux critères par une virgule (,).

Un premier exemple :

```
df
```

	sexe	age	blond
Anna	f	52	FALSE
Mary-Ann	f	31	TRUE
Michael	h	29	TRUE
John	h	35	FALSE

```
df[3, 2]
```

```
[1] 29
```

Cette première commande indique que nous souhaitons la troisième ligne de la seconde colonne, autrement dit l'âge de Michael. Le même résultat peut être obtenu avec l'indexation par nom, l'indexation par condition, ou un mélange de tout ça.

```
df["Michael", "age"]
```

```
[1] 29
```

```
df[c(F, F, T, F), c(F, T, F)]
```

```
[1] 29
```

```
df[3, "age"]
```

```
[1] 29
```

```
df["Michael", 2]
```

```
[1] 29
```

Il est également possible de préciser un seul critère. Par exemple, si je souhaite les deux premières observations, ou les variables *sexe* et *blond* :

```
df[1:2,]
```

	sexe	age	blond
Anna	f	52	FALSE
Mary-Ann	f	31	TRUE

```
df[,c("sexe", "blond")]
```

	sexe	blond
Anna	f	FALSE
Mary-Ann	f	TRUE
Michael	h	TRUE
John	h	FALSE

Il a suffi de laisser un espace vide avant ou après la virgule.

#### Avertissement

ATTENTION ! Il est cependant impératif de laisser la virgule pour indiquer à **R** qu'on souhaite effectuer une indexation à deux dimensions. Si on oublie la virgule, cela nous ramène au mode de fonctionnement des listes. Et le résultat n'est pas forcément le même :

```
df[2, ]
```

```
      sexe age blond  
Mary-Ann   f  31  TRUE
```

```
df[, 2]
```

```
[1] 52 31 29 35
```

```
df[2]
```

```
      age  
Anna    52  
Mary-Ann 31  
Michael 29  
John    35
```

#### **i** Note

Au passage, on pourra noter quelques subtilités sur le résultat renvoyé.

```
str(df[2, ])
```

```
'data.frame':  1 obs. of  3 variables:  
 $ sexe : chr "f"  
 $ age  : num 31  
 $ blond: logi TRUE
```

```
str(df[, 2])
```

```
num [1:4] 52 31 29 35
```

```
str(df[2])
```

```
'data.frame':  4 obs. of  1 variable:  
 $ age: num 52 31 29 35
```

```
str(df[[2]])
```

```
num [1:4] 52 31 29 35
```

`df[2, ]` signifie qu'on veut toutes les variables pour le second individu. Le résultat est un tableau de données à une ligne et trois colonnes. `df[2]` correspond au mode d'extraction des listes et renvoie donc une liste à un élément, en l'occurrence un tableau de données à quatre observations et une variable. `df[[2]]` quant à lui renvoie le contenu de cette variable, soit un vecteur numérique de longueur quatre. Reste `df[, 2]` qui renvoie toutes les observations pour la seconde colonne. Or l'indexation bidimensionnelle a un fonctionnement un peu particulier : par défaut elle renvoie un tableau de données mais s'il y a une seule variable dans l'extraction, c'est un vecteur qui est renvoyé. Pour plus de détails, on pourra consulter l'entrée d'aide `help("[.data.frame")`.

## 4.3 Afficher les données

Prenons un tableau de données un peu plus conséquent, en l'occurrence le jeu de données `?questionr::hdv2003` disponible dans l'extension `{questionr}` et correspondant à un extrait de l'enquête *Histoire de vie* réalisée par l'INSEE en 2003. Il contient 2000 individus et 20 variables.

```
library(questionr)
data(hdv2003)
```

Si on demande d'afficher l'objet `hdv2003` dans la console (résultat non reproduit ici), **R** va afficher l'ensemble du contenu de `hdv2003` à l'écran ce qui, sur un tableau de cette taille, ne sera pas très lisible. Pour une exploration visuelle, le plus simple est souvent d'utiliser la visionneuse intégrée à **RStudio** et qu'on peut appeler avec la fonction `View()`.

View(hdv2003)

id	age	sexe	nivetud	poids	occup	qualif	freres.sc
1	1	28	Femme	Enseignement superieur y compris technique sup...	2634.3982	Exerce une profession	Employe
2	2	23	Femme	NA	9738.3958	Etudiant, eleve	NA
3	3	59	Homme	Derniere annee d'etudes primaires	3994.1025	Exerce une profession	Technicien
4	4	34	Homme	Enseignement superieur y compris technique sup...	5731.6615	Exerce une profession	Technicien
5	5	71	Femme	Derniere annee d'etudes primaires	4329.0940	Retraite	Employe
6	6	35	Femme	Enseignement technique ou professionnel court	8674.6994	Exerce une profession	Employe
7	7	60	Femme	Derniere annee d'etudes primaires	6165.8035	Au foyer	Ouvrier qualifie
8	8	47	Homme	Enseignement technique ou professionnel court	12891.6408	Exerce une profession	Ouvrier qualifie
9	9	20	Femme	NA	7808.8721	Etudiant, eleve	NA
10	10	28	Homme	Enseignement technique ou professionnel long	2277.1605	Exerce une profession	Autre
11	11	65	Femme	Enseignement superieur y compris technique sup...	704.3227	Retraite	Employe
12	12	47	Homme	2eme cycle	6697.8682	Exerce une profession	Ouvrier qualifie
13	13	63	Femme	Derniere annee d'etudes primaires	7118.4659	Retraite	Employe
14	14	67	Femme	Enseignement technique ou professionnel court	586.7714	Exerce une profession	NA
15	15	76	Femme	A arrete ses etudes, avant la derniere annee d'et...	11042.0774	Retraite	NA
16	16	49	Femme	Enseignement technique ou professionnel court	9958.2287	Exerce une profession	Employe
17	17	62	Homme	Enseignement superieur y compris technique sup...	4836.1393	Retraite	Cadre
18	18	20	Femme	NA	1551.4846	Etudiant, eleve	NA

Figure 4.1: Interface View() de R RStudio

Les fonctions `head()` et `tail()`, qui marchent également sur les vecteurs, permettent d'afficher seulement les premières (respectivement les dernières) lignes d'un tableau de données :

head(hdv2003)

```

id age  sexe                                nivetud    poids
1  1  28  Femme Enseignement superieur y compris technique superieur 2634.398
2  2  23  Femme                                <NA> 9738.396
3  3  59  Homme                                Derniere annee d'etudes primaires 3994.102
4  4  34  Homme Enseignement superieur y compris technique superieur 5731.662
5  5  71  Femme                                Derniere annee d'etudes primaires 4329.094
6  6  35  Femme      Enseignement technique ou professionnel court 8674.699

      occup    qualif freres.soeurs clso
1 Exerce une profession    Employe      8 Oui
2      Etudiant, eleve    <NA>      2 Oui
3 Exerce une profession Technicien      2 Non
4 Exerce une profession Technicien      1 Non
5      Retraite    Employe      0 Oui
6 Exerce une profession    Employe      5 Non

      relig      trav.imp    trav.satisf
1 Ni croyance ni appartenance    Peu important Insatisfaction

```



2	Ni croyance ni appartenance					<NA>		<NA>
3	Ni croyance ni appartenance	Aussi important que le reste						Equilibre
4	Appartenance sans pratique	Moins important que le reste						Satisfaction
5	Pratiquant regulier					<NA>		<NA>
6	Ni croyance ni appartenance							Equilibre
	hard.rock	lecture.bd	peche.chasse	cuisine	bricol	cinema	sport	heures.tv
1	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	0
2	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	1
3	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	0
4	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	2
5	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	3
6	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	2

```
tail(hdv2003, 2)
```

	id	age	sexe			nivetud		poids
1999	1999	24	Femme	Enseignement technique ou professionnel	court			13740.810
2000	2000	66	Femme	Enseignement technique ou professionnel	long			7709.513
				occup	qualif	freres.soeurs	clso	
1999	Exerce une profession	Employe		2	Non			
2000		Au foyer	Employe	3	Non			
			relig			trav.imp	trav.satisf	
1999	Appartenance sans pratique	Moins important que le reste						Equilibre
2000	Appartenance sans pratique					<NA>		<NA>
	hard.rock	lecture.bd	peche.chasse	cuisine	bricol	cinema	sport	heures.tv
1999	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	0.3
2000	Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non	0.0

L'extension {dplyr} propose une fonction `dplyr::glimpse()` (ce qui signifie aperçu en anglais) qui permet de visualiser rapidement et de manière condensée le contenu d'un tableau de données.

```
library(dplyr)
glimpse(hdv2003)
```

```
Rows: 2,000
Columns: 20
```

```

$ id          <int> 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 1~
$ age         <int> 28, 23, 59, 34, 71, 35, 60, 47, 20, 28, 65, 47, 63, 67, ~
$ sexe        <fct> Femme, Femme, Homme, Homme, Femme, Femme, Femme, Homme, ~
$ nivetud     <fct> "Enseignement superieur y compris technique superieur", ~
$ poids       <dbl> 2634.3982, 9738.3958, 3994.1025, 5731.6615, 4329.0940, 8~
$ occup       <fct> "Exerce une profession", "Etudiant, eleve", "Exerce une ~
$ qualif      <fct> Employe, NA, Technicien, Technicien, Employe, Employe, 0~
$ freres.soeurs <int> 8, 2, 2, 1, 0, 5, 1, 5, 4, 2, 3, 4, 1, 5, 2, 3, 4, 0, 2,~
$ clso        <fct> Oui, Oui, Non, Non, Oui, Non, Oui, Non, Oui, Non, Oui, 0~
$ relig       <fct> Ni croyance ni appartenance, Ni croyance ni appartenance~
$ trav.imp    <fct> Peu important, NA, Aussi important que le reste, Moins i~
$ trav.satisf <fct> Insatisfaction, NA, Equilibre, Satisfaction, NA, Equilib~
$ hard.rock   <fct> Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, N~
$ lecture.bd  <fct> Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, N~
$ peche.chasse <fct> Non, Non, Non, Non, Non, Non, Non, Oui, Oui, Non, Non, Non, N~
$ cuisine     <fct> Oui, Non, Non, Oui, Non, Non, Oui, Oui, Non, Non, Oui, N~
$ bricol      <fct> Non, Non, Non, Oui, Non, Non, Non, Oui, Non, Non, Oui, 0~
$ cinema      <fct> Non, Oui, Non, Oui, Non, Oui, Non, Non, Oui, Oui, Oui, N~
$ sport       <fct> Non, Oui, Oui, Oui, Non, Oui, Non, Non, Non, Oui, Non, 0~
$ heures.tv   <dbl> 0.0, 1.0, 0.0, 2.0, 3.0, 2.0, 2.9, 1.0, 2.0, 2.0, 1.0, 0~

```

L'extension {labelled} propose une fonction `labelled::look_for()` qui permet de lister les différentes variables d'un fichier de données :

```

library(labelled)
look_for(hdv2003)

```

pos	variable	label	col_type	values
1	id	-	int	
2	age	-	int	
3	sexe	-	fct	Homme Femme
4	nivetud	-	fct	N'a jamais fait d'etudes A arrete ses etudes, avant la derniere ann~ Derniere annee d'etudes primaires 1er cycle 2eme cycle Enseignement technique ou professionnel co~ Enseignement technique ou professionnel lo~

				Enseignement superieur y compris technique~
5	poids	-	dbl	
6	occup	-	fct	Exerce une profession Chomeur Etudiant, eleve Retraite Retire des affaires Au foyer Autre inactif
7	qualif	-	fct	Ouvrier specialise Ouvrier qualifie Technicien Profession intermediaire Cadre Employe Autre
8	freres.soeurs	-	int	
9	clso	-	fct	Oui Non Ne sait pas
10	relig	-	fct	Pratiquant regulier Pratiquant occasionnel Appartenance sans pratique Ni croyance ni appartenance Rejet NSP ou NVPR
11	trav.imp	-	fct	Le plus important Aussi important que le reste Moins important que le reste Peu important
12	trav.satisf	-	fct	Satisfaction Insatisfaction Equilibre
13	hard.rock	-	fct	Non Oui
14	lecture.bd	-	fct	Non Oui
15	peche.chasse	-	fct	Non Oui
16	cuisine	-	fct	Non Oui

17	bricol	-	fct	Non Oui
18	cinema	-	fct	Non Oui
19	sport	-	fct	Non Oui
20	heures.tv	-	dbl	

Lorsqu'on a un gros tableau de données avec de nombreuses variables, il peut être difficile de retrouver la ou les variables d'intérêt. Il est possible d'indiquer à `labelled::look_for()` un mot-clé pour limiter la recherche. Par exemple :

```
look_for(hdv2003, "trav")
```

pos	variable	label	col_type	values
11	trav.imp	-	fct	Le plus important Aussi important que le reste Moins important que le reste Peu important
12	trav.satisf	-	fct	Satisfaction Insatisfaction Equilibre

Il est à noter que si la recherche n'est pas sensible à la casse (i.e. aux majuscules et aux minuscules), elle est sensible aux accents.

La méthode `summary()` qui fonctionne sur tout type d'objet permet d'avoir quelques statistiques de base sur les différentes variables de notre tableau, les statistiques affichées dépendant du type de variable.

```
summary(hdv2003)
```

id		age		sexe	
Min.	: 1.0	Min.	:18.00	Homme:	899
1st Qu.:	500.8	1st Qu.:	35.00	Femme:	1101
Median	:1000.5	Median	:48.00		

Mean :1000.5 Mean :48.16  
 3rd Qu.:1500.2 3rd Qu.:60.00  
 Max. :2000.0 Max. :97.00

	nivetud	poids
Enseignement technique ou professionnel court	:463	Min. : 78.08
Enseignement superieur y compris technique superieur:	441	1st Qu.: 2221.82
Derniere annee d'etudes primaires	:341	Median : 4631.19
1er cycle	:204	Mean : 5535.61
2eme cycle	:183	3rd Qu.: 7626.53
(Other)	:256	Max. :31092.14
NA's	:112	

	occup	qualif	freres.soeurs
Exerce une profession:	1049	Employe :594	Min. : 0.000
Chomeur : 134		Ouvrier qualifie :292	1st Qu.: 1.000
Etudiant, eleve : 94		Cadre :260	Median : 2.000
Retraite : 392		Ouvrier specialise :203	Mean : 3.283
Retire des affaires : 77		Profession intermediaire:160	3rd Qu.: 5.000
Au foyer : 171		(Other) :144	Max. :22.000
Autre inactif : 83		NA's :347	

	clso	relig
Oui : 936		Pratiquant regulier :266
Non :1037		Pratiquant occasionnel :442
Ne sait pas: 27		Appartenance sans pratique :760
		Ni croyance ni appartenance:399
		Rejet : 93
		NSP ou NVPR : 40

	trav.imp	trav.satisf	hard.rock	lecture.bd
Le plus important : 29		Satisfaction :480	Non:1986	Non:1953
Aussi important que le reste:259		Insatisfaction:117	Oui: 14	Oui: 47
Moins important que le reste:708		Equilibre :451		
Peu important : 52		NA's :952		
NA's :952				

peche.chasse	cuisine	bricol	cinema	sport	heures.tv
Non:1776	Non:1119	Non:1147	Non:1174	Non:1277	Min. : 0.000
Oui: 224	Oui: 881	Oui: 853	Oui: 826	Oui: 723	1st Qu.: 1.000
					Median : 2.000
					Mean : 2.247

```
3rd Qu.: 3.000
Max.    :12.000
NA's    :5
```

On peut également appliquer `summary()` à une variable particulière.

```
summary(hdv2003$sexe)
```

```
Homme Femme
899  1101
```

```
summary(hdv2003$age)
```

```
Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
18.00  35.00   48.00   48.16  60.00   97.00
```

## 4.4 En résumé

- Les tableaux de données sont des listes avec des propriétés particulières :
  - i. tous les éléments sont des vecteurs ;
  - ii. tous les vecteurs ont la même longueur ;
  - iii. tous les vecteurs ont un nom et ce nom est unique.
- On peut créer un tableau de données avec `data.frame()`.
- Les tableaux de données correspondent aux fichiers de données qu'on utilise usuellement dans d'autres logiciels de statistiques : les variables sont représentées en colonnes et les observations en lignes.
- Ce sont des objets bidimensionnels : `ncol()` renvoie le nombre de colonnes et `nrow()` le nombre de lignes.
- Les doubles crochets (`[[ ]]`) et le symbole dollar (`$`) fonctionnent comme pour les listes et permettent d'accéder aux variables.
- Il est possible d'utiliser des coordonnées bidimensionnelles avec les crochets simples (`[ ]`) en indiquant un critère sur les lignes puis un critère sur les colonnes, séparés par une virgule (`,`).

## 4.5 webin-R

On pourra également se référer au webin-R #02 (*les bases du langage R*) sur [YouTube](#).

<https://youtu.be/Eh8piunoqQc>

## 5 Tibbles

### 5.1 Le concept de tidy data

Le `{tidyverse}` est en partie fondé sur le concept de *tidy data*, développé à l'origine par Hadley Wickham dans un [article de 2014](#) du *Journal of Statistical Software*.

Il s'agit d'un modèle d'organisation des données qui vise à faciliter le travail souvent long et fastidieux de nettoyage et de préparation préalable à la mise en oeuvre de méthodes d'analyse.

Les principes d'un jeu de données *tidy* sont les suivants :

1. chaque variable est une colonne
2. chaque observation est une ligne
3. chaque type d'observation est dans une table différente

Un chapitre dédié à `{tidyr}` (voir Chapitre 12) présente comment définir et rendre des données *tidy* avec ce package.

Les extensions du `{tidyverse}`, notamment `{ggplot2}` et `{dplyr}`, sont prévues pour fonctionner avec des données *tidy*.

### 5.2 tibbles : des tableaux de données améliorés

Une autre particularité du `{tidyverse}` est que ces extensions travaillent avec des tableaux de données au format `tibble::tibble()`, qui est une évolution plus moderne du classique `data.frame` de **R** de base.



Ce format est fourni est géré par l'extension du même nom (`{tibble}`), qui fait partie du coeur du *tidyverse*. La plupart des fonctions des extensions du *tidyverse* acceptent des *data.frames* en entrée, mais retournent un *tibble*.

Contrairement aux *data.frames*, les *tibbles* :

- n'ont pas de noms de lignes (*rownames*)
- autorisent des noms de colonnes invalides pour les *data.frames* (espaces, caractères spéciaux, nombres...) <sup>8</sup>
- s'affichent plus intelligemment que les *data.frames* : seules les premières lignes sont affichées, ainsi que quelques informations supplémentaires utiles (dimensions, types des colonnes...)
- ne font pas de *partial matching* sur les noms de colonnes <sup>9</sup>
- affichent un avertissement si on essaie d'accéder à une colonne qui n'existe pas

<sup>8</sup> Quand on veut utiliser des noms de ce type, on doit les entourer avec des *backticks* (`)

<sup>9</sup> Dans **R** base, si une table `d` contient une colonne `qualif`, `d$qual` retournera cette colonne.

Pour autant, les *tibbles* restent compatibles avec les *data.frames*.

Il est possible de créer un *tibble* manuellement avec `tibble::tibble()`.

```
library(tidyverse)
```

```
-- Attaching packages ----- tidyverse 1.3.2 --
v ggplot2 3.3.6      v purrr   0.3.4
v tibble  3.1.8      v dplyr   1.0.10
v tidyr   1.2.1      v stringr 1.4.1
v readr   2.1.2      v forcats 0.5.2
-- Conflicts ----- tidyverse_conflicts() --
x dplyr::filter() masks stats::filter()
x dplyr::lag()    masks stats::lag()
```

```
tibble(
  x = c(1.2345, 12.345, 123.45, 1234.5, 12345),
  y = c("a", "b", "c", "d", "e")
)
```

```
# A tibble: 5 x 2
      x y
  <dbl> <chr>
1   1.23 a
2  12.3  b
3  123.   c
4 1234.   d
5 12345   e
```

On peut ainsi facilement convertir un *data frame* en tibble avec `tibble::as_tibble()` :

```
d <- as_tibble(mtcars)
d
```

```
# A tibble: 32 x 11
  mpg   cyl  disp    hp  drat    wt   qsec    vs  am  gear  carb
  <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1  21     6  160   110  3.9   2.62  16.5    0    1     4     4
2  21     6  160   110  3.9   2.88  17.0    0    1     4     4
3 22.8    4  108    93  3.85  2.32  18.6    1    1     4     1
4 21.4    6  258   110  3.08  3.22  19.4    1    0     3     1
5 18.7    8  360   175  3.15  3.44  17.0    0    0     3     2
6 18.1    6  225   105  2.76  3.46  20.2    1    0     3     1
7 14.3    8  360   245  3.21  3.57  15.8    0    0     3     4
8 24.4    4  147.    62  3.69  3.19  20      1    0     4     2
9 22.8    4  141.    95  3.92  3.15  22.9    1    0     4     2
10 19.2    6  168.   123  3.92  3.44  18.3    1    0     4     4
# ... with 22 more rows
```

D'ailleurs, quand on regarde la classe d'un tibble, on peut s'apercevoir qu'un tibble hérite de la classe `data.frame` mais possède en plus la classe `tbl_df`. Cela traduit bien le fait que les *tibbles* restent des *data frames*.

```
class(d)
```

```
[1] "tbl_df"      "tbl"        "data.frame"
```

Si le *data frame* d'origine a des *rownames*, on peut d'abord les convertir en colonnes avec `tibble::rownames_to_columns()` :

```
d <- as_tibble(rownames_to_column(mtcars))
d
```

# A tibble: 32 x 12

	rowname <chr>	mpg <dbl>	cyl <dbl>	disp <dbl>	hp <dbl>	drat <dbl>	wt <dbl>	qsec <dbl>	vs <dbl>	am <dbl>	gear <dbl>	carb <dbl>
1	Mazda RX4	21	6	160	110	3.9	2.62	16.5	0	1	4	4
2	Mazda RX4 ~	21	6	160	110	3.9	2.88	17.0	0	1	4	4
3	Datsun 710	22.8	4	108	93	3.85	2.32	18.6	1	1	4	1
4	Hornet 4 D~	21.4	6	258	110	3.08	3.22	19.4	1	0	3	1
5	Hornet Spo~	18.7	8	360	175	3.15	3.44	17.0	0	0	3	2
6	Valiant	18.1	6	225	105	2.76	3.46	20.2	1	0	3	1
7	Duster 360	14.3	8	360	245	3.21	3.57	15.8	0	0	3	4
8	Merc 240D	24.4	4	147.	62	3.69	3.19	20	1	0	4	2
9	Merc 230	22.8	4	141.	95	3.92	3.15	22.9	1	0	4	2
10	Merc 280	19.2	6	168.	123	3.92	3.44	18.3	1	0	4	4

# ... with 22 more rows

À l'inverse, on peut à tout moment convertir un tibble en *data frame* avec `tibble::as.data.frame()` :

```
as.data.frame(d)
```

	rowname	mpg	cyl	disp	hp	drat	wt	qsec	vs	am	gear	carb
1	Mazda RX4	21.0	6	160.0	110	3.90	2.620	16.46	0	1	4	4
2	Mazda RX4 Wag	21.0	6	160.0	110	3.90	2.875	17.02	0	1	4	4
3	Datsun 710	22.8	4	108.0	93	3.85	2.320	18.61	1	1	4	1
4	Hornet 4 Drive	21.4	6	258.0	110	3.08	3.215	19.44	1	0	3	1
5	Hornet Sportabout	18.7	8	360.0	175	3.15	3.440	17.02	0	0	3	2
6	Valiant	18.1	6	225.0	105	2.76	3.460	20.22	1	0	3	1
7	Duster 360	14.3	8	360.0	245	3.21	3.570	15.84	0	0	3	4
8	Merc 240D	24.4	4	146.7	62	3.69	3.190	20.00	1	0	4	2
9	Merc 230	22.8	4	140.8	95	3.92	3.150	22.90	1	0	4	2
10	Merc 280	19.2	6	167.6	123	3.92	3.440	18.30	1	0	4	4
11	Merc 280C	17.8	6	167.6	123	3.92	3.440	18.90	1	0	4	4
12	Merc 450SE	16.4	8	275.8	180	3.07	4.070	17.40	0	0	3	3

13	Merc 450SL	17.3	8	275.8	180	3.07	3.730	17.60	0	0	3	3
14	Merc 450SLC	15.2	8	275.8	180	3.07	3.780	18.00	0	0	3	3
15	Cadillac Fleetwood	10.4	8	472.0	205	2.93	5.250	17.98	0	0	3	4
16	Lincoln Continental	10.4	8	460.0	215	3.00	5.424	17.82	0	0	3	4
17	Chrysler Imperial	14.7	8	440.0	230	3.23	5.345	17.42	0	0	3	4
18	Fiat 128	32.4	4	78.7	66	4.08	2.200	19.47	1	1	4	1
19	Honda Civic	30.4	4	75.7	52	4.93	1.615	18.52	1	1	4	2
20	Toyota Corolla	33.9	4	71.1	65	4.22	1.835	19.90	1	1	4	1
21	Toyota Corona	21.5	4	120.1	97	3.70	2.465	20.01	1	0	3	1
22	Dodge Challenger	15.5	8	318.0	150	2.76	3.520	16.87	0	0	3	2
23	AMC Javelin	15.2	8	304.0	150	3.15	3.435	17.30	0	0	3	2
24	Camaro Z28	13.3	8	350.0	245	3.73	3.840	15.41	0	0	3	4
25	Pontiac Firebird	19.2	8	400.0	175	3.08	3.845	17.05	0	0	3	2
26	Fiat X1-9	27.3	4	79.0	66	4.08	1.935	18.90	1	1	4	1
27	Porsche 914-2	26.0	4	120.3	91	4.43	2.140	16.70	0	1	5	2
28	Lotus Europa	30.4	4	95.1	113	3.77	1.513	16.90	1	1	5	2
29	Ford Pantera L	15.8	8	351.0	264	4.22	3.170	14.50	0	1	5	4
30	Ferrari Dino	19.7	6	145.0	175	3.62	2.770	15.50	0	1	5	6
31	Maserati Bora	15.0	8	301.0	335	3.54	3.570	14.60	0	1	5	8
32	Volvo 142E	21.4	4	121.0	109	4.11	2.780	18.60	1	1	4	2

Là encore, on peut convertir la colonne *rowname* en “vrais” *rownames* avec `tibble::column_to_rownames()` :

```
column_to_rownames(as.data.frame(d))
```

	mpg	cyl	disp	hp	drat	wt	qsec	vs	am	gear	carb
Mazda RX4	21.0	6	160.0	110	3.90	2.620	16.46	0	1	4	4
Mazda RX4 Wag	21.0	6	160.0	110	3.90	2.875	17.02	0	1	4	4
Datsun 710	22.8	4	108.0	93	3.85	2.320	18.61	1	1	4	1
Hornet 4 Drive	21.4	6	258.0	110	3.08	3.215	19.44	1	0	3	1
Hornet Sportabout	18.7	8	360.0	175	3.15	3.440	17.02	0	0	3	2
Valiant	18.1	6	225.0	105	2.76	3.460	20.22	1	0	3	1
Duster 360	14.3	8	360.0	245	3.21	3.570	15.84	0	0	3	4
Merc 240D	24.4	4	146.7	62	3.69	3.190	20.00	1	0	4	2
Merc 230	22.8	4	140.8	95	3.92	3.150	22.90	1	0	4	2
Merc 280	19.2	6	167.6	123	3.92	3.440	18.30	1	0	4	4
Merc 280C	17.8	6	167.6	123	3.92	3.440	18.90	1	0	4	4
Merc 450SE	16.4	8	275.8	180	3.07	4.070	17.40	0	0	3	3
Merc 450SL	17.3	8	275.8	180	3.07	3.730	17.60	0	0	3	3

Merc 450SLC	15.2	8	275.8	180	3.07	3.780	18.00	0	0	3	3
Cadillac Fleetwood	10.4	8	472.0	205	2.93	5.250	17.98	0	0	3	4
Lincoln Continental	10.4	8	460.0	215	3.00	5.424	17.82	0	0	3	4
Chrysler Imperial	14.7	8	440.0	230	3.23	5.345	17.42	0	0	3	4
Fiat 128	32.4	4	78.7	66	4.08	2.200	19.47	1	1	4	1
Honda Civic	30.4	4	75.7	52	4.93	1.615	18.52	1	1	4	2
Toyota Corolla	33.9	4	71.1	65	4.22	1.835	19.90	1	1	4	1
Toyota Corona	21.5	4	120.1	97	3.70	2.465	20.01	1	0	3	1
Dodge Challenger	15.5	8	318.0	150	2.76	3.520	16.87	0	0	3	2
AMC Javelin	15.2	8	304.0	150	3.15	3.435	17.30	0	0	3	2
Camaro Z28	13.3	8	350.0	245	3.73	3.840	15.41	0	0	3	4
Pontiac Firebird	19.2	8	400.0	175	3.08	3.845	17.05	0	0	3	2
Fiat X1-9	27.3	4	79.0	66	4.08	1.935	18.90	1	1	4	1
Porsche 914-2	26.0	4	120.3	91	4.43	2.140	16.70	0	1	5	2
Lotus Europa	30.4	4	95.1	113	3.77	1.513	16.90	1	1	5	2
Ford Pantera L	15.8	8	351.0	264	4.22	3.170	14.50	0	1	5	4
Ferrari Dino	19.7	6	145.0	175	3.62	2.770	15.50	0	1	5	6
Maserati Bora	15.0	8	301.0	335	3.54	3.570	14.60	0	1	5	8
Volvo 142E	21.4	4	121.0	109	4.11	2.780	18.60	1	1	4	2

#### Note

Les deux fonctions `tibble::column_to_rownames()` et `tibble::rownames_to_column()` acceptent un argument supplémentaire `var` qui permet d'indiquer un nom de colonne autre que le nom `rowname` utilisé par défaut pour créer ou identifier la colonne contenant les noms de lignes.

## 5.3 Données et tableaux imbriqués

Une des particularités des *tibbles* est qu'ils acceptent, à la différence des *data frames*, des colonnes composées de listes et, par extension, d'autres tibbles (qui sont des listes) !

```
d <- tibble(
  g = c(1, 2, 3),
  data = list(
    tibble(x = 1, y = 2),
```

```

    tibble(x = 4:5, y = 6:7),
    tibble(x = 10)
  )
)
d

```

```

# A tibble: 3 x 2
  g data
<dbl> <list>
1     1 <tibble [1 x 2]>
2     2 <tibble [2 x 2]>
3     3 <tibble [1 x 1]>

```

```

d$data[[2]]

```

```

# A tibble: 2 x 2
  x     y
<int> <int>
1     4     6
2     5     7

```

Cette fonctionnalité, combinée avec les fonctions de `{tidyr}` et de `{purrr}`, s'avère très puissante pour réaliser des opérations multiples en peu de ligne de code.

Dans l'exemple ci-dessous, nous réalisons des régressions linéaires par sous-groupe et les présentons dans un même tableau. Pour le moment, le code présenté doit vous sembler complexe et un peu obscur. Pas de panique : tout cela sera clarifié dans les différents chapitres de ce guide. Ce qu'il y a à retenir pour le moment, c'est la possibilité de stocker, dans les colonnes d'un *tibble*, différents types de données, y compris des sous-tableaux, des résultats de modèles et même des tableaux mis en forme.

```

reg <-
  iris |>
  group_by(Species) |>
  nest() |>

```

```
mutate(
  model = map(
    data,
    ~ lm(Sepal.Length ~ Petal.Length + Petal.Width, data = .)
  ),
  tbl = map(model, gtsummary::tbl_regression)
)
reg
```

```
# A tibble: 3 x 4
# Groups:   Species [3]
  Species    data          model  tbl
  <fct>    <list>        <list> <list>
1 setosa  <tibble [50 x 4]> <lm>   <tbl_rgrs>
2 versicolor <tibble [50 x 4]> <lm>   <tbl_rgrs>
3 virginica <tibble [50 x 4]> <lm>   <tbl_rgrs>
```

```
gtsummary::tbl_merge(
  reg$tbl,
  tab_spanner = paste0("**", reg$Species, "**")
)
```

Table printed with `knitr::kable()`, not {gt}. Learn why at <https://www.danielsjoberg.com/gtsummary/articles/rmarkdown.html>  
To suppress this message, include `message = FALSE` in code chunk header.

Characteristics	95% Beta CI	p- value	95% Beta CI	p- value	95% Beta CI	p- value
Petal.Length	-0.40, 0.20, 1.0	0.2	0.93, 1.3	0.59, <0.001	1.0, 1.2	0.81, <0.001
Petal.Width	-0.27, 1.7	0.2	-0.32, 0.49	-0.4, 0.01	-0.35, 0.37	>0.9

## 6 Attributs

Les objets **R** peuvent avoir des attributs qui correspondent en quelque sorte à des métadonnées associées à l'objet en question. Techniquement, un attribut peut être tout type d'objet **R** (un vecteur, une liste, une fonction...).

Parmi les attributs les plus courants, on retrouve notamment :

- `class` : la classe de l'objet
- `length` : sa longueur
- `names` : les noms donnés aux éléments de l'objet
- `levels` : pour les facteurs, les étiquettes des différents niveaux
- `label` : une étiquette de variable

La fonction `attributes()` permet de lister tous les attributs associés à un objet.

```
attributes(iris)
```

```
$names
```

```
[1] "Sepal.Length" "Sepal.Width"  "Petal.Length" "Petal.Width"  "Species"
```

```
$class
```

```
[1] "data.frame"
```

```
$row.names
```

```
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18  
[19] 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36  
[37] 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54  
[55] 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72  
[73] 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90  
[91] 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108  
[109] 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126
```



```
[127] 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144
[145] 145 146 147 148 149 150
```

Pour accéder à un attribut spécifique, on aura recours à `attr()` en spécifiant à la fois l'objet considéré et le nom de l'attribut souhaité.

```
iris |> attr("names")
```

```
[1] "Sepal.Length" "Sepal.Width"  "Petal.Length" "Petal.Width"  "Species"
```

Pour les attributs les plus courants de **R**, il faut noter qu'il existe le plus souvent des fonctions spécifiques, comme `class()`, `names()` ou `row.names()`.

```
class(iris)
```

```
[1] "data.frame"
```

```
names(iris)
```

```
[1] "Sepal.Length" "Sepal.Width"  "Petal.Length" "Petal.Width"  "Species"
```

La fonction `attr()`, associée à l'opérateur d'assignation (`<-`) permet également de définir ses propres attributs.

```
attr(iris, "perso") <- "Des notes personnelles"
attributes(iris)
```

```
$names
```

```
[1] "Sepal.Length" "Sepal.Width"  "Petal.Length" "Petal.Width"  "Species"
```

```
$class
```

```
[1] "data.frame"
```

```
$row.names
```

```

[1]  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
[19] 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
[37] 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
[55] 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72
[73] 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90
[91] 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108
[109] 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126
[127] 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144
[145] 145 146 147 148 149 150

```

```
$perso
```

```
[1] "Des notes personnelles"
```

```
attr(iris, "perso")
```

```
[1] "Des notes personnelles"
```

**partie II**

# **Manipulation de données**

## 7 Le pipe

Il est fréquent d'enchaîner des opérations en appelant successivement des fonctions sur le résultat de l'appel précédent.

Prenons un exemple. Supposons que nous ayons un vecteur numérique `v` dont nous voulons calculer la moyenne puis l'afficher via un message dans la console. Pour un meilleur rendu, nous allons arrondir la moyenne à une décimale, mettre en forme le résultat à la française, c'est-à-dire avec la virgule comme séparateur des décimales, créer une phrase avec le résultat, puis l'afficher dans la console. Voici le code correspondant, étape par étape.

```
v <- c(1.2, 8.7, 5.6, 11.4)
m <- mean(v)
r <- round(m, digits = 1)
f <- format(r, decimal.mark = ",")
p <- paste0("La moyenne est de ", f, ".")
message(p)
```

La moyenne est de 6,7.

Cette écriture, n'est pas vraiment optimale, car cela entraîne la création d'un grand nombre de variables intermédiaires totalement inutiles. Nous pourrions dès lors imbriquer les différentes fonctions les unes dans les autres :

```
message(paste0("La moyenne est de ", format(round(mean(v), digits = 1), decimal.mark
```

La moyenne est de 6,7.

Nous obtenons bien le même résultat, mais la lecture de cette ligne de code est assez difficile et il n'est pas aisé de bien identifier à quelle fonction est rattaché chaque argument.

Une amélioration possible serait d'effectuer des retours à la ligne avec une indentation adéquate pour rendre cela plus lisible.

```
message(  
  paste0(  
    "La moyenne est de ",  
    format(  
      round(  
        mean(v),  
        digits = 1),  
        decimal.mark = ","  
      ),  
    ". "  
  )  
)
```

La moyenne est de 6,7.

C'est déjà mieux, mais toujours pas optimal.

## 7.1 Le pipe natif de R : `|>`

Depuis la version 4.1, **R** a introduit ce que l'on nomme un *pipe* (tuyau en anglais), un nouvel opérateur noté `|>`.

Le principe de cet opérateur est de passer l'élément situé à sa gauche comme premier argument de la fonction située à sa droite. Ainsi, l'écriture `x |> f()` est équivalente à `f(x)` et l'écriture `x |> f(y)` à `f(x, y)`.

Parfois, on souhaite passer l'objet `x` à un autre endroit de la fonction `f()` que le premier argument. Depuis la version 4.2, **R** a introduit l'opérateur `_`, que l'on nomme un *placeholder*, pour indiquer où passer l'objet de gauche. Ainsi, `x |> f(y, a = _)` devient équivalent à `f(y, a = x)`. **ATTENTION** : le

*placeholder* doit impérativement être transmis à un argument nommé !

Tout cela semble encore un peu abstrait ? Reprenons notre exemple précédent et réécrivons le code avec le *pipe*.

```
v |>
  mean() |>
  round(digits = 1) |>
  format(decimal.mark = ",") |>
  paste0("La moyenne est de ", m = _, ".") |>
  message()
```

La moyenne est de 6,7.

Le code n'est-il pas plus lisible ?

## 7.2 Le pipe du tidyverse : %>%

Ce n'est qu'à partir de la version 4.1 sortie en 2021 que **R** a proposé de manière native un *pipe*, en l'occurrence l'opérateur `|>`.

En cela, **R** s'est notamment inspiré d'un opérateur similaire introduit dès 2014 dans le *tidyverse*. Le pipe du *tidyverse* fonctionne de manière similaire. Il est implémenté dans le package `{magrittr}` qui doit donc être chargé en mémoire. Le *pipe* est également disponible lorsque l'on effectue `library(tidyverse)`.

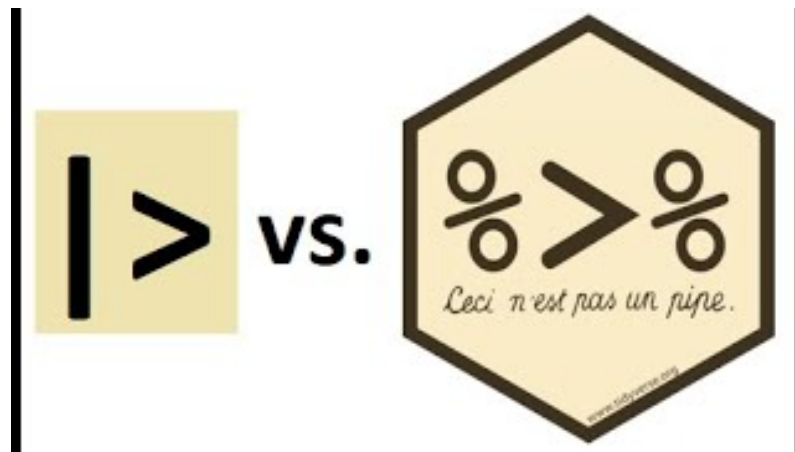
Cet opérateur s'écrit `%>%` et il dispose lui aussi d'un *placeholder* qui est le `..`. La syntaxe du *placeholder* est un peu plus souple puisqu'il peut être passé à tout type d'argument, y compris un argument sans nom. Si l'on reprend notre exemple précédent.

```
library(magrittr)
v %>%
  mean() %>%
  round(digits = 1) %>%
  format(decimal.mark = ",") %>%
```

```
paste0("La moyenne est de ", ., ".") %>%  
message()
```

La moyenne est de 6,7.

### 7.3 Vaut-il mieux utiliser `|>` ou `%>%` ?



Bonne question. Si vous utilisez une version récente de **R** (4.2), il est préférable d'avoir recours au *pipe* natif de **R** dans la mesure où il est [plus efficient en termes de temps de calcul](#) car il fait partie intégrante du langage. Dans ce guide, nous privilégeons d'ailleurs l'utilisation de `|>`.

Si votre code nécessite de fonctionner avec différentes versions de **R**, par exemple dans le cadre d'un package, il est alors préférable, pour le moment, d'utiliser celui fourni par `{magrittr}` (`%>%`).

### 7.4 Accéder à un élément avec `purrr::pluck()` et `purrr::chuck()`

Il est fréquent d'avoir besoin d'accéder à un élément précis d'une liste, d'un tableau ou d'un vecteur, ce que l'on fait d'ordinaire avec la syntaxe `[[ ]]` ou `$` pour les listes ou `[ ]` pour

les vecteurs. Cependant, cette syntaxe se combine souvent mal avec un enchaînement d'opérations utilisant le *pipe*.

Le package `{purrr}`, chargé par défaut avec `library(tidyverse)`, fournit une fonction `purrr::pluck()` qui, est l'équivalent de `[[ ]]`, et qui permet de récupérer un élément par son nom ou sa position. Ainsi, si l'on considère le tableau de données `iris`, `pluck(iris, "Petal.Width")` est équivalent à `iris$Petal.Width`. Voyons un exemple d'utilisation dans le cadre d'un enchaînement d'opérations.

```
iris |>
  purrr::pluck("Petal.Width") |>
  mean()
```

```
[1] 1.199333
```

Cette écriture est équivalente à :

```
mean(iris$Petal.Width)
```

```
[1] 1.199333
```

`purrr::pluck()` fonctionne également sur des vecteurs (et dans ce cas opère comme `[[ ]]`).

```
v <- c("a", "b", "c", "d")
v |> purrr::pluck(2)
```

```
[1] "b"
```

```
v[2]
```

```
[1] "b"
```

On peut également, dans un même appel à `purrr::pluck()`, enchaîner plusieurs niveaux. Les trois syntaxes ci-après sont ainsi équivalents :



```
iris |>
  purrr::pluck("Sepal.Width", 3)
```

```
[1] 3.2
```

```
iris |>
  purrr::pluck("Sepal.Width") |>
  purrr::pluck(3)
```

```
[1] 3.2
```

```
iris[["Sepal.Width"]][3]
```

```
[1] 3.2
```

Si l'on demande un élément qui n'existe pas, `purrr::pluck()` renverra l'élément vide (NULL). Si l'on souhaite plutôt que cela génère une erreur, on aura alors recours à `purrr::chuck()`.

```
iris |> purrr::pluck("inconnu")
```

```
NULL
```

```
iris |> purrr::chuck("inconnu")
```

```
Error: Can't find name `inconnu` in vector
```

```
v |> purrr::pluck(10)
```

```
NULL
```

```
v |> purrr::chuck(10)
```

```
Error: Index 1 exceeds the length of plucked object (10 > 4)
```

## 8 dplyr

`{dplyr}` est l'un des packages les plus connus du *tidyverse*. Il facilite le traitement et la manipulation des tableaux de données (qu'il s'agisse de *data frame* ou de *tibble*). Il propose une syntaxe claire et cohérente, sous formes de verbes correspondant à des fonctions.

`{dplyr}` part du principe que les données sont *tidy* (chaque variable est une colonne, chaque observation est une ligne, voir Chapitre 5). Les verbes de `{dplyr}` prennent en entrée un tableau de données<sup>10</sup> (*data frame* ou *tibble*) et renvoient systématiquement un *tibble*.

```
library(dplyr)
```

Dans ce qui suit on va utiliser le jeu de données `{nycflights13}`, contenu dans l'extension du même nom (qu'il faut donc avoir installée). Celui-ci correspond aux données de tous les vols au départ d'un des trois aéroports de New-York en 2013. Il a la particularité d'être réparti en trois tables :

- `nycflights13::flights` contient des informations sur les vols : date, départ, destination, horaires, retard...
- `nycflights13::airports` contient des informations sur les aéroports
- `nycflights13::airlines` contient des données sur les compagnies aériennes

On va charger les trois tables du jeu de données :

```
library(nycflights13)
## Chargement des trois tables du jeu de données
data(flights)
data(airports)
```

<sup>10</sup> Le package `{dbplyr}` permet d'étendre les verbes de `{dplyr}` à des tables de bases de données **SQL**, `{dtplyr}` à des tableaux de données du type `{data.table}` et `{srvyr}` à des données pondérées du type `{survey}`.

```
data(airlines)
```

Normalement trois objets correspondant aux trois tables ont dû apparaître dans votre environnement.

## 8.1 Opérations sur les lignes

### 8.1.1 filter()

`dplyr::filter()` sélectionne des lignes d'un tableau de données selon une condition. On lui passe en paramètre un test, et seules les lignes pour lesquelles ce test renvoie `TRUE` (vrai) sont conservées<sup>11</sup>.

Par exemple, si on veut sélectionner les vols du mois de janvier, on peut filtrer sur la variable *month* de la manière suivante :

<sup>11</sup> Si le test renvoie faux (`FALSE`) ou une valeur manquante (`NA`), les lignes correspondantes ne seront donc pas sélectionnées.

```
filter(flights, month == 1)
```

```
# A tibble: 27,004 x 19
   year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>      <int>    <dbl>   <int>    <int>    <dbl> <chr>
1  2013     1     1     517        515         2     830      819      11 UA
2  2013     1     1     533        529         4     850      830      20 UA
3  2013     1     1     542        540         2     923      850      33 AA
4  2013     1     1     544        545        -1    1004     1022     -18 B6
5  2013     1     1     554        600        -6     812      837     -25 DL
6  2013     1     1     554        558        -4     740      728      12 UA
7  2013     1     1     555        600        -5     913      854      19 B6
8  2013     1     1     557        600        -3     709      723     -14 EV
9  2013     1     1     557        600        -3     838      846      -8 B6
10 2013     1     1     558        600        -2     753      745       8 AA
# ... with 26,994 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
#   1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
#   5: arr_delay
```

Cela peut s'écrire plus simplement avec un pipe :

```
flights |> filter(month == 1)
```

```
# A tibble: 27,004 x 19
```

	year	month	day	dep_time	sched_de~1	dep_d~2	arr_t~3	sched~4	arr_d~5	carrier
	<int>	<int>	<int>	<int>	<int>	<dbl>	<int>	<int>	<dbl>	<chr>
1	2013	1	1	517	515	2	830	819	11	UA
2	2013	1	1	533	529	4	850	830	20	UA
3	2013	1	1	542	540	2	923	850	33	AA
4	2013	1	1	544	545	-1	1004	1022	-18	B6
5	2013	1	1	554	600	-6	812	837	-25	DL
6	2013	1	1	554	558	-4	740	728	12	UA
7	2013	1	1	555	600	-5	913	854	19	B6
8	2013	1	1	557	600	-3	709	723	-14	EV
9	2013	1	1	557	600	-3	838	846	-8	B6
10	2013	1	1	558	600	-2	753	745	8	AA

```
# ... with 26,994 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,  
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,  
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names  
#   1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,  
#   5: arr_delay
```

Si l'on veut uniquement les vols avec un retard au départ  
(variable *dep\_delay*) compris entre 10 et 15 minutes :

```
flights |>  
  filter(dep_delay >= 10 & dep_delay <= 15)
```

```
# A tibble: 14,919 x 19
```

	year	month	day	dep_time	sched_de~1	dep_d~2	arr_t~3	sched~4	arr_d~5	carrier
	<int>	<int>	<int>	<int>	<int>	<dbl>	<int>	<int>	<dbl>	<chr>
1	2013	1	1	611	600	11	945	931	14	UA
2	2013	1	1	623	610	13	920	915	5	AA
3	2013	1	1	743	730	13	1107	1100	7	AA
4	2013	1	1	743	730	13	1059	1056	3	DL
5	2013	1	1	851	840	11	1215	1206	9	UA
6	2013	1	1	912	900	12	1241	1220	21	AA
7	2013	1	1	914	900	14	1058	1043	15	UA

```

8 2013      1      1      920      905      15      1039      1025      14 B6
9 2013      1      1     1011     1001      10      1133      1128       5 EV
10 2013     1      1     1112     1100      12      1440      1438       2 UA
# ... with 14,909 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
#   1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
#   5: arr_delay

```

Si l'on passe plusieurs arguments à `dplyr::filter()`, celui-ci rajoute automatiquement une condition **ET**. La ligne ci-dessus peut donc également être écrite de la manière suivante, avec le même résultat :

```

flights |>
  filter(dep_delay >= 10, dep_delay <= 15)

```

Enfin, on peut également placer des fonctions dans les tests, qui nous permettent par exemple de sélectionner les vols avec la plus grande distance :

```

flights |>
  filter(distance == max(distance))

```

```

# A tibble: 342 x 19
   year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>      <int>   <dbl>   <int>   <int>   <dbl> <chr>
1  2013     1     1     857        900     -3    1516    1530    -14 HA
2  2013     1     2     909        900      9    1525    1530     -5 HA
3  2013     1     3     914        900     14    1504    1530    -26 HA
4  2013     1     4     900        900      0    1516    1530    -14 HA
5  2013     1     5     858        900     -2    1519    1530    -11 HA
6  2013     1     6    1019        900     79    1558    1530     28 HA
7  2013     1     7    1042        900    102    1620    1530     50 HA
8  2013     1     8     901        900      1    1504    1530    -26 HA
9  2013     1     9     641        900   1301    1242    1530   1272 HA
10 2013     1    10     859        900     -1    1449    1530    -41 HA
# ... with 332 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names

```

```
# 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
# 5: arr_delay
```

### 💡 Évaluation contextuelle

Il est important de noter que `{dplyr}` procède à une évaluation contextuelle des expressions qui lui sont passées. Ainsi, on peut indiquer directement le nom d'une variable et `{dplyr}` l'interprétera dans le contexte du tableau de données, c'est-à-dire regardera s'il existe une colonne portant ce nom dans le tableau.

Dans l'expression `flights |> filter(month == 1)`, `month` est interprété comme la colonne `month` du tableau `flights`, à savoir `flights$month`.

Il est également possible d'indiquer des objets extérieurs au tableau :

```
m <- 2
flights |>
  filter(month == m)
```

```
# A tibble: 24,951 x 19
```

	year	month	day	dep_time	sched_de~1	dep_d~2	arr_t~3	sched~4	arr_d~5	carrier
	<int>	<int>	<int>	<int>	<int>	<dbl>	<int>	<int>	<dbl>	<chr>
1	2013	2	1	456	500	-4	652	648	4	US
2	2013	2	1	520	525	-5	816	820	-4	UA
3	2013	2	1	527	530	-3	837	829	8	UA
4	2013	2	1	532	540	-8	1007	1017	-10	B6
5	2013	2	1	540	540	0	859	850	9	AA
6	2013	2	1	552	600	-8	714	715	-1	EV
7	2013	2	1	552	600	-8	919	910	9	AA
8	2013	2	1	552	600	-8	655	709	-14	B6
9	2013	2	1	553	600	-7	833	815	18	FL
10	2013	2	1	553	600	-7	821	825	-4	MQ

```
# ... with 24,941 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
# origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
# minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
# 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
# 5: arr_delay
```

Cela fonctionne car il n'y a pas de colonne `m` dans

`flights`. Dès lors, `{dplyr}` regarde s'il existe un objet `m` dans l'environnement de travail.

Par contre, si une colonne existe dans le tableau, elle aura priorité sur les objets du même nom dans l'environnement. Dans l'exemple ci-dessous, le résultat obtenu n'est pas celui voulu. Il est interprété comme sélectionner toutes les lignes où la colonne *mois* est égale à elle-même et donc cela sélectionne toutes les lignes du tableau.

```
month <- 3
flights |>
  filter(month == month)

# A tibble: 336,776 x 19
   year month  day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>       <int>   <dbl>   <int>   <int>   <dbl> <chr>
1  2013     1     1     517         515     2     830     819     11 UA
2  2013     1     1     533         529     4     850     830     20 UA
3  2013     1     1     542         540     2     923     850     33 AA
4  2013     1     1     544         545    -1    1004    1022    -18 B6
5  2013     1     1     554         600    -6     812     837    -25 DL
6  2013     1     1     554         558    -4     740     728     12 UA
7  2013     1     1     555         600    -5     913     854     19 B6
8  2013     1     1     557         600    -3     709     723    -14 EV
9  2013     1     1     557         600    -3     838     846     -8 B6
10 2013     1     1     558         600    -2     753     745      8 AA
# ... with 336,766 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
#   1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
#   5: arr_delay
```

Afin de distinguer ce qui correspond à une colonne du tableau et à un objet de l'environnement, on pourra avoir recours à `.data` et `.env` (voir `help(".env", package = "rlang")`).

```
month <- 3
flights |>
  filter(.data$month == .env$month)
```

```
# A tibble: 28,834 x 19
  year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
  <int> <int> <int>   <int>       <int>   <dbl>   <int>   <int>   <dbl> <chr>
1  2013     3     1         4       2159    125     318     56    142 B6
2  2013     3     1        50       2358     52     526    438     48 B6
3  2013     3     1       117       2245    152     223   2354    149 B6
4  2013     3     1      454        500     -6     633    648    -15 US
5  2013     3     1      505        515    -10     746    810    -24 UA
6  2013     3     1      521        530     -9     813    827    -14 UA
7  2013     3     1      537        540     -3     856    850     6 AA
8  2013     3     1      541        545     -4    1014   1023    -9 B6
9  2013     3     1      549        600    -11     639    703    -24 US
10 2013     3     1      550        600    -10     747    801    -14 EV
# ... with 28,824 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
#   1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
#   5: arr_delay
```

### 8.1.2 slice()

Le verbe `dplyr::slice()` sélectionne des lignes du tableau selon leur position. On lui passe un chiffre ou un vecteur de chiffres.

Si l'on souhaite sélectionner la 345<sup>e</sup> ligne du tableau `airports` :

```
airports |>
  slice(345)
```

```
# A tibble: 1 x 8
  faa   name          lat   lon   alt   tz dst  tzone
  <chr> <chr>          <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <chr> <chr>
1 CYF   Chefnak Airport  60.1 -164.   40   -9 A   America/Anchorage
```

Si l'on veut sélectionner les 5 premières lignes :



```
airports |>
  slice(1:5)
```

```
# A tibble: 5 x 8
```

	faa	name	lat	lon	alt	tz	dst	tzone
	<chr>	<chr>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<chr>	<chr>
1	04G	Lansdowne Airport	41.1	-80.6	1044	-5	A	America/New~
2	06A	Moton Field Municipal Airport	32.5	-85.7	264	-6	A	America/Chi~
3	06C	Schaumburg Regional	42.0	-88.1	801	-6	A	America/Chi~
4	06N	Randall Airport	41.4	-74.4	523	-5	A	America/New~
5	09J	Jekyll Island Airport	31.1	-81.4	11	-5	A	America/New~

### 8.1.3 arrange()

`dplyr::arrange()` réordonne les lignes d'un tableau selon une ou plusieurs colonnes.

Ainsi, si l'on veut trier le tableau `flights` selon le retard au départ, dans l'ordre croissant :

```
flights |>
  arrange(dep_delay)
```

```
# A tibble: 336,776 x 19
```

	year	month	day	dep_time	sched_de~1	dep_d~2	arr_t~3	sched~4	arr_d~5	carrier
	<int>	<int>	<int>	<int>	<int>	<dbl>	<int>	<int>	<dbl>	<chr>
1	2013	12	7	2040	2123	-43	40	2352	48	B6
2	2013	2	3	2022	2055	-33	2240	2338	-58	DL
3	2013	11	10	1408	1440	-32	1549	1559	-10	EV
4	2013	1	11	1900	1930	-30	2233	2243	-10	DL
5	2013	1	29	1703	1730	-27	1947	1957	-10	F9
6	2013	8	9	729	755	-26	1002	955	7	MQ
7	2013	10	23	1907	1932	-25	2143	2143	0	EV
8	2013	3	30	2030	2055	-25	2213	2250	-37	MQ
9	2013	3	2	1431	1455	-24	1601	1631	-30	9E
10	2013	5	5	934	958	-24	1225	1309	-44	B6

```
# ... with 336,766 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
```

```
# 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
# 5: arr_delay
```

On peut trier selon plusieurs colonnes. Par exemple selon le mois, puis selon le retard au départ :

```
flights |>
  arrange(month, dep_delay)
```

```
# A tibble: 336,776 x 19
   year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>      <int>    <dbl>   <int>    <int>    <dbl> <chr>
1  2013     1    11    1900      1930    -30    2233     2243     -10 DL
2  2013     1    29    1703      1730   -27    1947     1957     -10 F9
3  2013     1    12    1354      1416   -22    1606     1650    -44 FL
4  2013     1    21    2137      2159   -22    2232     2316    -44 DL
5  2013     1    20     704       725   -21    1025     1035    -10 AS
6  2013     1    12    2050      2110   -20    2310     2355    -45 B6
7  2013     1    12    2134      2154   -20         4        50    -46 B6
8  2013     1    14    2050      2110   -20    2329     2355    -26 B6
9  2013     1     4    2140      2159  -19    2241     2316    -35 DL
10 2013     1    11    1947      2005  -18    2209     2230    -21 9E
# ... with 336,766 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
# origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
# minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
# 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
# 5: arr_delay
```

Si l'on veut trier selon une colonne par ordre décroissant, on lui applique la fonction `dplyr::desc()` :

```
flights |>
  arrange(desc(dep_delay))
```

```
# A tibble: 336,776 x 19
   year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>      <int>    <dbl>   <int>    <int>    <dbl> <chr>
1  2013     1     9     641       900   1301    1242     1530     1272 HA
2  2013     6    15    1432      1935   1137    1607     2120     1127 MQ
```

```

3 2013      1    10    1121      1635    1126    1239    1810    1109 MQ
4 2013      9    20    1139      1845    1014    1457    2210    1007 AA
5 2013      7    22     845      1600    1005    1044    1815     989 MQ
6 2013      4    10    1100      1900     960    1342    2211     931 DL
7 2013      3    17    2321       810     911     135    1020     915 DL
8 2013      6    27     959      1900     899    1236    2226     850 DL
9 2013      7    22    2257       759     898     121    1026     895 DL
10 2013     12     5     756      1700     896    1058    2020     878 AA
# ... with 336,766 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
#   1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
#   5: arr_delay

```

Combiné avec `dplyr::slice()`, `dplyr::arrange()` permet par exemple de sélectionner les trois vols ayant eu le plus de retard :

```

flights |>
  arrange(desc(dep_delay)) |>
  slice(1:3)

```

```

# A tibble: 3 x 19
  year month   day dep_time sched_dep~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
  <int> <int> <int>   <int>      <int>    <dbl>   <int>   <int>    <dbl> <chr>
1  2013     1     9     641        900    1301    1242    1530    1272 HA
2  2013     6    15    1432       1935    1137    1607    2120    1127 MQ
3  2013     1    10    1121       1635    1126    1239    1810    1109 MQ
# ... with 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>, origin <chr>,
#   dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>, minute <dbl>,
#   time_hour <dtm>, and abbreviated variable names 1: sched_dep_time,
#   2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time, 5: arr_delay

```

### 8.1.4 slice\_sample()

`dplyr::slice_sample()` permet de sélectionner aléatoirement un nombre de lignes ou une fraction des lignes d'un tableau. Ainsi si l'on veut choisir 5 lignes au hasard dans le tableau `airports` :

```
airports |>
  slice_sample(n = 5)
```

```
# A tibble: 5 x 8
  faa   name                lat   lon   alt   tz dst  tzone
  <chr> <chr>                <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <chr> <chr>
1 TUL   Tulsa Intl            36.2  -95.9   677   -6 A    America/Chicago
2 PIT   Pittsburgh Intl       40.5  -80.2  1204   -5 A    America/New_York
3 IAG   Niagara Falls Intl    43.1  -78.9   589   -5 A    America/New_York
4 MTM   Metlakatla Seaplane Base 55.1 -132.    0   -9 A    America/Anchorage
5 KVL   Kivalina Airport      67.7 -165.   13   -9 A    America/Anchorage
```

Si l'on veut tirer au hasard 10% des lignes de flights :

```
flights |>
  slice_sample(prop = .1)
```

```
# A tibble: 33,677 x 19
  year month   day dep_time sched_dep_time sched_delay_1 dep_delay_2 arr_time_3 sched_arr_time_4 arr_delay_5 carrier
  <int> <int> <int>   <int>         <int>         <dbl>         <int>         <int>         <dbl> <chr>
1  2013     9    15    1823           1829           -6          1916          1939          -23 MQ
2  2013    12    31    1931           1932           -1           28           28           0 B6
3  2013     2    23    1915           1900          15          2149          2133          16 FL
4  2013     9    17    1334           1325           9           1519          1528          -9 EV
5  2013    10    28    2025           2029          -4          2330          2337          -7 UA
6  2013     3    28    1015           1020          -5          1304          1330          -26 AA
7  2013     1    29      NA           1650          NA           NA           1826          NA UA
8  2013    12    23    1932           1936          -4          2250          2244           6 B6
9  2013     1     9    1507           1505           2           1746          1734          12 UA
10 2013     7     9    1545           1535          10           1918          1901          17 DL
# ... with 33,667 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
#   1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
#   5: arr_delay
```

Ces fonctions sont utiles notamment pour faire de l'“échantillonnage” en tirant au hasard un certain nombre d'observations du tableau.

### 8.1.5 distinct()

`dplyr::distinct()` filtre les lignes du tableau pour ne conserver que les lignes distinctes, en supprimant toutes les lignes en double.

```
flights |>
  select(day, month) |>
  distinct()
```

```
# A tibble: 365 x 2
   day month
   <int> <int>
1     1     1
2     2     1
3     3     1
4     4     1
5     5     1
6     6     1
7     7     1
8     8     1
9     9     1
10    10     1
# ... with 355 more rows
```

On peut lui spécifier une liste de variables : dans ce cas, pour toutes les observations ayant des valeurs identiques pour les variables en question, `dplyr::distinct()` ne conservera que la première d'entre elles.

```
flights |>
  distinct(month, day)
```

```
# A tibble: 365 x 2
   month  day
   <int> <int>
1     1     1
2     1     2
3     1     3
```

```

4      1      4
5      1      5
6      1      6
7      1      7
8      1      8
9      1      9
10     1     10
# ... with 355 more rows

```

L'option `.keep_all` permet, dans l'opération précédente, de conserver l'ensemble des colonnes du tableau :

```

flights |>
  distinct(month, day, .keep_all = TRUE)

# A tibble: 365 x 19
   year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>      <int>   <dbl>   <int>   <int>   <dbl> <chr>
1  2013     1     1     517        515     2     830     819     11 UA
2  2013     1     2      42       2359    43     518     442     36 B6
3  2013     1     3      32       2359    33     504     442     22 B6
4  2013     1     4      25       2359    26     505     442     23 B6
5  2013     1     5      14       2359    15     503     445     18 B6
6  2013     1     6      16       2359    17     451     442      9 B6
7  2013     1     7      49       2359    50     531     444     47 B6
8  2013     1     8     454        500    -6     625     648    -23 US
9  2013     1     9       2       2359     3     432     444    -12 B6
10 2013     1    10       3       2359     4     426     437    -11 B6
# ... with 355 more rows, 9 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, and abbreviated variable names
#   1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time,
#   5: arr_delay

```

## 8.2 Opérations sur les colonnes

### 8.2.1 select()

`dplyr::select()` permet de sélectionner des colonnes d'un tableau de données. Ainsi, si l'on veut extraire les colonnes `lat` et `lon` du tableau `airports` :

```
airports |>
  select(lat, lon)
```

```
# A tibble: 1,458 x 2
   lat    lon
<dbl> <dbl>
1  41.1 -80.6
2  32.5 -85.7
3  42.0 -88.1
4  41.4 -74.4
5  31.1 -81.4
6  36.4 -82.2
7  41.5 -84.5
8  42.9 -76.8
9  39.8 -76.6
10 48.1 -123.
# ... with 1,448 more rows
```

Si on fait précéder le nom d'un -, la colonne est éliminée plutôt que sélectionnée :

```
airports |>
  select(-lat, -lon)
```

```
# A tibble: 1,458 x 6
   faa   name                alt    tz dst  tzone
<chr> <chr>                <dbl> <dbl> <chr> <chr>
1 04G   Lansdowne Airport      1044   -5 A   America/New_York
2 06A   Moton Field Municipal  264    -6 A   America/Chicago
3 06C   Schaumburg Regional    801    -6 A   America/Chicago
4 06N   Randall Airport        523    -5 A   America/New_York
```

```

5 09J   Jekyll Island Airport           11   -5 A   America/New_York
6 0A9   Elizabethton Municipal Airport 1593   -5 A   America/New_York
7 0G6   Williams County Airport         730   -5 A   America/New_York
8 0G7   Finger Lakes Regional Airport   492   -5 A   America/New_York
9 0P2   Shoestring Aviation Airfield    1000   -5 U   America/New_York
10 0S9   Jefferson County Intl           108   -8 A   America/Los_Angeles
# ... with 1,448 more rows

```

`dplyr::select()` comprend toute une série de fonctions facilitant la sélection de multiples colonnes. Par exemple, `dplyr::starts_with()`, `dplyr::ends_with()`, `dplyr::contains()` ou `dplyr::matches()` permettent d'exprimer des conditions sur les noms de variables :

```

flights |>
  select(starts_with("dep_"))

```

```

# A tibble: 336,776 x 2
  dep_time dep_delay
  <int>     <dbl>
1     517         2
2     533         4
3     542         2
4     544        -1
5     554        -6
6     554        -4
7     555        -5
8     557        -3
9     557        -3
10    558        -2
# ... with 336,766 more rows

```

La syntaxe `colonne1:colonne2` permet de sélectionner toutes les colonnes situées entre *colonne1* et *colonne2* incluses<sup>12</sup> :

```

flights |>
  select(year:day)

```

```

# A tibble: 336,776 x 3

```

<sup>12</sup> À noter que cette opération est un peu plus “fragile” que les autres, car si l’ordre des colonnes change elle peut renvoyer un résultat différent.



```

      year month   day
  <int> <int> <int>
1  2013     1     1
2  2013     1     1
3  2013     1     1
4  2013     1     1
5  2013     1     1
6  2013     1     1
7  2013     1     1
8  2013     1     1
9  2013     1     1
10 2013     1     1
# ... with 336,766 more rows

```

`dplyr::all_of()` et `dplyr::any_of()` permettent de fournir une liste de variables à extraire sous forme de vecteur textuel. Alors que `dplyr::all_of()` renverra une erreur si une variable n'est pas trouvée dans le tableau de départ, `dplyr::any_of()` sera moins stricte.

```

flights |>
  select(all_of(c("year", "month", "day")))

```

```

# A tibble: 336,776 x 3
      year month   day
  <int> <int> <int>
1  2013     1     1
2  2013     1     1
3  2013     1     1
4  2013     1     1
5  2013     1     1
6  2013     1     1
7  2013     1     1
8  2013     1     1
9  2013     1     1
10 2013     1     1
# ... with 336,766 more rows

```

```
flights |>
  select(all_of(c("century", "year", "month", "day")))
```

```
Error in `select()`:  
! Can't subset columns that don't exist.  
x Column `century` doesn't exist.
```

```
Erreur : Can't subset columns that don't exist.  
x Column `century` doesn't exist.
```

```
flights |>
  select(any_of(c("century", "year", "month", "day")))
```

```
# A tibble: 336,776 x 3  
  year month   day  
  <int> <int> <int>  
1  2013     1     1  
2  2013     1     1  
3  2013     1     1  
4  2013     1     1  
5  2013     1     1  
6  2013     1     1  
7  2013     1     1  
8  2013     1     1  
9  2013     1     1  
10 2013     1     1  
# ... with 336,766 more rows
```

`dplyr::where()` permet de sélectionner des variables à partir d'une fonction qui renvoie une valeur logique. Par exemple, pour sélectionner seulement les variables textuelles :

```
flights |>
  select(where(is.character))
```

```
# A tibble: 336,776 x 4  
  carrier tailnum origin dest
```

```

      <chr>    <chr>    <chr>    <chr>
1 UA        N14228    EWR      IAH
2 UA        N24211    LGA      IAH
3 AA        N619AA    JFK      MIA
4 B6        N804JB    JFK      BQN
5 DL        N668DN    LGA      ATL
6 UA        N39463    EWR      ORD
7 B6        N516JB    EWR      FLL
8 EV        N829AS    LGA      IAD
9 B6        N593JB    JFK      MCO
10 AA       N3ALAA    LGA      ORD
# ... with 336,766 more rows

```

`dplyr::select()` peut être utilisée pour réordonner les colonnes d'une table en utilisant la fonction `dplyr::everything()`, qui sélectionne l'ensemble des colonnes non encore sélectionnées. Ainsi, si l'on souhaite faire passer la colonne *name* en première position de la table `airports`, on peut faire :

```

airports |>
  select(name, everything())

```

```

# A tibble: 1,458 x 8
   name                                faa    lat    lon    alt    tz dst  tzone
   <chr>                             <chr> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <chr> <chr>
1 Lansdowne Airport                 04G   41.1 -80.6  1044   -5 A   America/~
2 Moton Field Municipal Airport     06A   32.5 -85.7   264   -6 A   America/~
3 Schaumburg Regional               06C   42.0 -88.1   801   -6 A   America/~
4 Randall Airport                   06N   41.4 -74.4   523   -5 A   America/~
5 Jekyll Island Airport              09J   31.1 -81.4    11   -5 A   America/~
6 Elizabethton Municipal Airport    0A9   36.4 -82.2  1593   -5 A   America/~
7 Williams County Airport           0G6   41.5 -84.5   730   -5 A   America/~
8 Finger Lakes Regional Airport     0G7   42.9 -76.8   492   -5 A   America/~
9 Shoestring Aviation Airfield      0P2   39.8 -76.6  1000   -5 U   America/~
10 Jefferson County Intl             0S9   48.1 -123.   108   -8 A   America/~
# ... with 1,448 more rows

```

## 8.2.2 relocate()

Pour réordonner des colonnes, on pourra aussi avoir recours à `dplyr::relocate()` en indiquant les premières variables. Il n'est pas nécessaire d'ajouter `everything()` car avec `dplyr::relocate()` toutes les variables sont conservées.

```
airports |>
  relocate(lon, lat, name)
```

```
# A tibble: 1,458 x 8
   lon   lat name      faa   alt   tz dst  tzone
  <dbl> <dbl> <chr>    <chr> <dbl> <dbl> <chr> <chr>
1  -80.6  41.1 Lansdowne Airport 04G   1044  -5 A   America/~
2  -85.7  32.5 Moton Field Municipal Airport 06A    264  -6 A   America/~
3  -88.1  42.0 Schaumburg Regional 06C    801  -6 A   America/~
4  -74.4  41.4 Randall Airport 06N    523  -5 A   America/~
5  -81.4  31.1 Jekyll Island Airport 09J     11  -5 A   America/~
6  -82.2  36.4 Elizabethton Municipal Airport 0A9   1593  -5 A   America/~
7  -84.5  41.5 Williams County Airport 0G6    730  -5 A   America/~
8  -76.8  42.9 Finger Lakes Regional Airport 0G7    492  -5 A   America/~
9  -76.6  39.8 Shoestring Aviation Airfield 0P2   1000  -5 U   America/~
10 -123.   48.1 Jefferson County Intl 0S9    108  -8 A   America/~
# ... with 1,448 more rows
```

## 8.2.3 rename()

Une variante de `dplyr::select()` est `dplyr::rename()`<sup>13</sup>, qui permet de renommer facilement des colonnes. On l'utilise en lui passant des paramètres de la forme `nouveau_nom = ancien_nom`. Ainsi, si on veut renommer les colonnes *lon* et *lat* de *airports* en *longitude* et *latitude* :

```
airports |>
  rename(longitude = lon, latitude = lat)
```

```
# A tibble: 1,458 x 8
   faa   name      latitude longi~1   alt   tz dst  tzone
  <chr> <chr>    <dbl>    <dbl>    <dbl> <dbl> <chr> <chr>
```

<sup>13</sup> Il est également possible de renommer des colonnes directement avec `select()`, avec la même syntaxe que pour `rename()`.

```

      <chr> <chr>                                <dbl>  <dbl> <dbl> <dbl> <chr> <chr>
1 04G   Lansdowne Airport                        41.1   -80.6  1044   -5 A   Amer~
2 06A   Moton Field Municipal Airport             32.5   -85.7   264   -6 A   Amer~
3 06C   Schaumburg Regional                      42.0   -88.1   801   -6 A   Amer~
4 06N   Randall Airport                          41.4   -74.4   523   -5 A   Amer~
5 09J   Jekyll Island Airport                    31.1   -81.4    11   -5 A   Amer~
6 0A9   Elizabethton Municipal Airport            36.4   -82.2  1593   -5 A   Amer~
7 0G6   Williams County Airport                  41.5   -84.5   730   -5 A   Amer~
8 0G7   Finger Lakes Regional Airport             42.9   -76.8   492   -5 A   Amer~
9 0P2   Shoestring Aviation Airfield              39.8   -76.6  1000   -5 U   Amer~
10 OS9   Jefferson County Intl                    48.1  -123.   108   -8 A   Amer~
# ... with 1,448 more rows, and abbreviated variable name 1: longitude

```

Si les noms de colonnes comportent des espaces ou des caractères spéciaux, on peut les entourer de guillemets (") ou de quotes inverses (`) :

```

flights |>
  rename(
    "retard départ" = dep_delay,
    "retard arrivée" = arr_delay
  ) |>
  select(`retard départ`, `retard arrivée`)

```

```

# A tibble: 336,776 x 2
  `retard départ` `retard arrivée`
      <dbl>         <dbl>
1         2         11
2         4         20
3         2         33
4        -1        -18
5        -6        -25
6        -4         12
7        -5         19
8        -3        -14
9        -3         -8
10       -2          8
# ... with 336,766 more rows

```

## 8.2.4 rename\_with()

La fonction `dplyr::rename_with()` permet de renommer plusieurs colonnes d'un coup en transmettant une fonction, par exemple `toupper()` qui passe tous les caractères en majuscule.

```
airports |>
  rename_with(toupper)
```

# A tibble: 1,458 x 8

	FAA	NAME	LAT	LON	ALT	TZ	DST	TZONE
	<chr>	<chr>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<chr>	<chr>
1	04G	Lansdowne Airport	41.1	-80.6	1044	-5	A	America/~
2	06A	Moton Field Municipal Airport	32.5	-85.7	264	-6	A	America/~
3	06C	Schaumburg Regional	42.0	-88.1	801	-6	A	America/~
4	06N	Randall Airport	41.4	-74.4	523	-5	A	America/~
5	09J	Jekyll Island Airport	31.1	-81.4	11	-5	A	America/~
6	0A9	Elizabethton Municipal Airport	36.4	-82.2	1593	-5	A	America/~
7	0G6	Williams County Airport	41.5	-84.5	730	-5	A	America/~
8	0G7	Finger Lakes Regional Airport	42.9	-76.8	492	-5	A	America/~
9	0P2	Shoestring Aviation Airfield	39.8	-76.6	1000	-5	U	America/~
10	0S9	Jefferson County Intl	48.1	-123.	108	-8	A	America/~

# ... with 1,448 more rows

On pourra notamment utiliser les fonctions du package `snakecase` et, en particulier, `snakecase::to_snake_case()` que je recommande pour nommer de manière consistante les variables<sup>14</sup>.

## 8.2.5 pull()

La fonction `dplyr::pull()` permet d'accéder au contenu d'une variable. C'est un équivalent aux opérateurs `$` ou `[[ ]]`. On peut lui passer un nom de variable ou bien sa position.

```
airports |>
  pull(alt) |>
  mean()
```

<sup>14</sup> Le *snake case* est une convention typographique en informatique consistant à écrire des ensembles de mots, généralement, en minuscules en les séparant par des tirets bas.

```
[1] 1001.416
```

#### **i** Note

`dplyr::pull()` ressemble à la fonction `purrr::chuck()` que nous avons déjà abordée (cf. Section 7.4). Cependant, `dplyr::pull()` ne fonctionne que sur des tableaux de données tandis que `purrr::chuck()` est plus générique et peut s'appliquer à tous types de listes.

### 8.2.6 `mutate()`

`dplyr::mutate()` permet de créer de nouvelles colonnes dans le tableau de données, en général à partir de variables existantes.

Par exemple, la table `airports` contient l'altitude de l'aéroport en pieds. Si l'on veut créer une nouvelle variable `alt_m` avec l'altitude en mètres, on peut faire :

```
airports <-  
  airports |>  
  mutate(alt_m = alt / 3.2808)
```

On peut créer plusieurs nouvelles colonnes en une seule fois, et les expressions successives peuvent prendre en compte les résultats des calculs précédents. L'exemple suivant convertit d'abord la distance en kilomètres dans une variable `distance_km`, puis utilise cette nouvelle colonne pour calculer la vitesse en km/h.

```
flights <-  
  flights |>  
  mutate(  
    distance_km = distance / 0.62137,  
    vitesse = distance_km / air_time * 60  
  )
```

## 8.3 Opérations groupées

### 8.3.1 group\_by()

Un élément très important de `{dplyr}` est la fonction `dplyr::group_by()`. Elle permet de définir des groupes de lignes à partir des valeurs d'une ou plusieurs colonnes. Par exemple, on peut grouper les vols selon leur mois :

```
flights |>
  group_by(month)
```

```
# A tibble: 336,776 x 21
# Groups:   month [12]
   year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>      <int>    <dbl>   <int>    <int>    <dbl> <chr>
1  2013     1     1     517        515         2     830      819        11 UA
2  2013     1     1     533        529         4     850      830        20 UA
3  2013     1     1     542        540         2     923      850        33 AA
4  2013     1     1     544        545        -1    1004     1022       -18 B6
5  2013     1     1     554        600        -6     812      837       -25 DL
6  2013     1     1     554        558        -4     740      728        12 UA
7  2013     1     1     555        600        -5     913      854        19 B6
8  2013     1     1     557        600        -3     709      723       -14 EV
9  2013     1     1     557        600        -3     838      846        -8 B6
10 2013     1     1     558        600        -2     753      745         8 AA
# ... with 336,766 more rows, 11 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, distance_km <dbl>, vitesse <dbl>, and
#   abbreviated variable names 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time,
#   4: sched_arr_time, 5: arr_delay
```

Par défaut ceci ne fait rien de visible, à part l'apparition d'une mention *Groups* dans l'affichage du résultat. Mais à partir du moment où des groupes ont été définis, les verbes comme `dplyr::slice()` ou `dplyr::mutate()` vont en tenir compte lors de leurs opérations.

Par exemple, si on applique `dplyr::slice()` à un tableau préalablement groupé, il va sélectionner les lignes aux positions



indiquées *pour chaque groupe*. Ainsi la commande suivante affiche le premier vol de chaque mois, selon leur ordre d'apparition dans le tableau :

```
flights |>
  group_by(month) |>
  slice(1)
```

```
# A tibble: 12 x 21
```

```
# Groups:   month [12]
```

	year	month	day	dep_time	sched_de~1	dep_d~2	arr_t~3	sched~4	arr_d~5	carrier
	<int>	<int>	<int>	<int>	<int>	<dbl>	<int>	<int>	<dbl>	<chr>
1	2013	1	1	517	515	2	830	819	11	UA
2	2013	2	1	456	500	-4	652	648	4	US
3	2013	3	1	4	2159	125	318	56	142	B6
4	2013	4	1	454	500	-6	636	640	-4	US
5	2013	5	1	9	1655	434	308	2020	408	VX
6	2013	6	1	2	2359	3	341	350	-9	B6
7	2013	7	1	1	2029	212	236	2359	157	B6
8	2013	8	1	12	2130	162	257	14	163	B6
9	2013	9	1	9	2359	10	343	340	3	B6
10	2013	10	1	447	500	-13	614	648	-34	US
11	2013	11	1	5	2359	6	352	345	7	B6
12	2013	12	1	13	2359	14	446	445	1	B6

```
# ... with 11 more variables: flight <int>, tailnum <chr>, origin <chr>,
#   dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>, minute <dbl>,
#   time_hour <dtm>, distance_km <dbl>, vitesse <dbl>, and abbreviated
#   variable names 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time,
#   4: sched_arr_time, 5: arr_delay
```

Idem pour `dplyr::mutate()` : les opérations appliquées lors du calcul des valeurs des nouvelles colonnes sont appliquée groupe de lignes par groupe de lignes. Dans l'exemple suivant, on ajoute une nouvelle colonne qui contient le retard moyen *du mois correspondant* :

```
flights |>
  group_by(month) |>
  mutate(mean_delay_month = mean(dep_delay, na.rm = TRUE))
```

```
# A tibble: 336,776 x 22
# Groups:   month [12]
   year month    day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
  <int> <int> <int>   <int>      <int>   <dbl>   <int>   <int>   <dbl> <chr>
1  2013     1     1     517        515     2     830     819     11 UA
2  2013     1     1     533        529     4     850     830     20 UA
3  2013     1     1     542        540     2     923     850     33 AA
4  2013     1     1     544        545    -1    1004    1022    -18 B6
5  2013     1     1     554        600    -6     812     837    -25 DL
6  2013     1     1     554        558    -4     740     728     12 UA
7  2013     1     1     555        600    -5     913     854     19 B6
8  2013     1     1     557        600    -3     709     723    -14 EV
9  2013     1     1     557        600    -3     838     846     -8 B6
10 2013     1     1     558        600    -2     753     745      8 AA
# ... with 336,766 more rows, 12 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, distance_km <dbl>, vitesse <dbl>,
#   mean_delay_month <dbl>, and abbreviated variable names 1: sched_dep_time,
#   2: dep_delay, 3: arr_time, 4: sched_arr_time, 5: arr_delay
```

Ceci peut permettre, par exemple, de déterminer si un retard donné est supérieur ou inférieur au retard moyen du mois en cours.

`dplyr::group_by()` peut aussi être utile avec `dplyr::filter()`, par exemple pour sélectionner les vols avec le retard au départ le plus important *pour chaque mois* :

```
flights |>
  group_by(month) |>
  filter(dep_delay == max(dep_delay, na.rm = TRUE))
```

```
# A tibble: 12 x 21
# Groups:   month [12]
   year month    day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
  <int> <int> <int>   <int>      <int>   <dbl>   <int>   <int>   <dbl> <chr>
1  2013     1     9     641        900   1301   1242   1530   1272 HA
2  2013    10    14    2042        900    702   2255   1127    688 DL
3  2013    11     3     603       1645    798    829   1913    796 DL
4  2013    12     5     756       1700    896   1058   2020    878 AA
```

```

5 2013 2 10 2243 830 853 100 1106 834 F9
6 2013 3 17 2321 810 911 135 1020 915 DL
7 2013 4 10 1100 1900 960 1342 2211 931 DL
8 2013 5 3 1133 2055 878 1250 2215 875 MQ
9 2013 6 15 1432 1935 1137 1607 2120 1127 MQ
10 2013 7 22 845 1600 1005 1044 1815 989 MQ
11 2013 8 8 2334 1454 520 120 1710 490 EV
12 2013 9 20 1139 1845 1014 1457 2210 1007 AA
# ... with 11 more variables: flight <int>, tailnum <chr>, origin <chr>,
#   dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>, minute <dbl>,
#   time_hour <dtm>, distance_km <dbl>, vitesse <dbl>, and abbreviated
#   variable names 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time,
#   4: sched_arr_time, 5: arr_delay

```

**Attention :** la clause `dplyr::roup_by()` marche pour les verbes déjà vus précédemment, *sauf* pour `dplyr::arrange()`, qui par défaut trie la table sans tenir compte des groupes. Pour obtenir un tri par groupe, il faut lui ajouter l'argument `.by_group = TRUE`.

On peut voir la différence en comparant les deux résultats suivants :

```

flights |>
  group_by(month) |>
  arrange(desc(dep_delay))

```

```

# A tibble: 336,776 x 21
# Groups:   month [12]
   year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>      <int>   <dbl>   <int>   <int>   <dbl> <chr>
1  2013     1     9     641        900   1301   1242   1530   1272 HA
2  2013     6    15    1432       1935   1137   1607   2120   1127 MQ
3  2013     1    10    1121       1635   1126   1239   1810   1109 MQ
4  2013     9    20    1139       1845   1014   1457   2210   1007 AA
5  2013     7    22     845       1600   1005   1044   1815    989 MQ
6  2013     4    10    1100       1900    960   1342   2211    931 DL
7  2013     3    17    2321        810    911    135   1020    915 DL
8  2013     6    27     959       1900    899   1236   2226    850 DL
9  2013     7    22    2257        759    898    121   1026    895 DL

```

```

10 2013    12     5      756      1700      896      1058      2020      878 AA
# ... with 336,766 more rows, 11 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, distance_km <dbl>, vitesse <dbl>, and
#   abbreviated variable names 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time,
#   4: sched_arr_time, 5: arr_delay

```

```

flights |>
  group_by(month) |>
  arrange(desc(dep_delay), .by_group = TRUE)

```

```

# A tibble: 336,776 x 21
# Groups:   month [12]
   year month   day dep_time sched_de~1 dep_d~2 arr_t~3 sched~4 arr_d~5 carrier
   <int> <int> <int>   <int>      <int>   <dbl>   <int>   <int>   <dbl> <chr>
1  2013     1     9     641       900   1301   1242   1530   1272 HA
2  2013     1    10    1121      1635   1126   1239   1810   1109 MQ
3  2013     1     1     848      1835    853   1001   1950    851 MQ
4  2013     1    13    1809       810    599   2054   1042    612 DL
5  2013     1    16    1622       800    502   1911   1054    497 B6
6  2013     1    23    1551       753    478   1812   1006    486 DL
7  2013     1    10    1525       900    385   1713   1039    394 UA
8  2013     1     1    2343      1724    379    314   1938    456 EV
9  2013     1     2    2131      1512    379   2340   1741    359 UA
10 2013     1     7    2021      1415    366   2332   1724    368 B6
# ... with 336,766 more rows, 11 more variables: flight <int>, tailnum <chr>,
#   origin <chr>, dest <chr>, air_time <dbl>, distance <dbl>, hour <dbl>,
#   minute <dbl>, time_hour <dtm>, distance_km <dbl>, vitesse <dbl>, and
#   abbreviated variable names 1: sched_dep_time, 2: dep_delay, 3: arr_time,
#   4: sched_arr_time, 5: arr_delay

```

### 8.3.2 summarise()

`dplyr::summarise()` permet d'agréger les lignes du tableau en effectuant une opération résumée sur une ou plusieurs colonnes. Il s'agit de toutes les fonctions qui prennent en entrée un ensemble de valeurs et renvoie une valeur unique, comme la moyenne (`mean()`). Par exemple, si l'on souhaite

connaître les retards moyens au départ et à l'arrivée pour l'ensemble des vols du tableau `flights` :

```
flights |>
  summarise(
    retard_dep = mean(dep_delay, na.rm=TRUE),
    retard_arr = mean(arr_delay, na.rm=TRUE)
  )
```

```
# A tibble: 1 x 2
  retard_dep retard_arr
    <dbl>      <dbl>
1    12.6      6.90
```

Cette fonction est en général utilisée avec `dplyr::group_by()`, puisqu'elle permet de découper d'agréger et de résumer les lignes du tableau groupe par groupe. Si l'on souhaite calculer le délai maximum, le délai minimum et le délai moyen au départ pour chaque mois, on pourra faire :

```
flights |>
  group_by(month) |>
  summarise(
    max_delay = max(dep_delay, na.rm=TRUE),
    min_delay = min(dep_delay, na.rm=TRUE),
    mean_delay = mean(dep_delay, na.rm=TRUE)
  )
```

```
# A tibble: 12 x 4
  month max_delay min_delay mean_delay
  <int>   <dbl>    <dbl>    <dbl>
1     1    1301     -30     10.0
2     2     853     -33     10.8
3     3     911     -25     13.2
4     4     960     -21     13.9
5     5     878     -24     13.0
6     6    1137     -21     20.8
7     7    1005     -22     21.7
8     8     520     -26     12.6
```

9	9	1014	-24	6.72
10	10	702	-25	6.24
11	11	798	-32	5.44
12	12	896	-43	16.6

`dplyr::summarise()` dispose d'une fonction spéciale `dplyr::n()`, qui retourne le nombre de lignes du groupe. Ainsi si l'on veut le nombre de vols par destination, on peut utiliser :

```
flights |>
  group_by(dest) |>
  summarise(n = n())
```

```
# A tibble: 105 x 2
  dest      n
  <chr> <int>
1 ABQ    254
2 ACK    265
3 ALB    439
4 ANC      8
5 ATL  17215
6 AUS   2439
7 AVL    275
8 BDL    443
9 BGR    375
10 BHM    297
# ... with 95 more rows
```

`dplyr::n()` peut aussi être utilisée avec `dplyr::filter()` et `dplyr::mutate()`.

### 8.3.3 count()

À noter que quand l'on veut compter le nombre de lignes par groupe, on peut utiliser directement la fonction `dplyr::count()`. Ainsi le code suivant est identique au précédent :

```
flights |>
  count(dest)
```

```
# A tibble: 105 x 2
  dest      n
  <chr> <int>
1 ABQ    254
2 ACK    265
3 ALB    439
4 ANC      8
5 ATL  17215
6 AUS   2439
7 AVL    275
8 BDL    443
9 BGR    375
10 BHM    297
# ... with 95 more rows
```

### 8.3.4 Grouper selon plusieurs variables

On peut grouper selon plusieurs variables à la fois, il suffit de les indiquer dans la clause du `dplyr::group_by()` :

```
flights |>
  group_by(month, dest) |>
  summarise(nb = n()) |>
  arrange(desc(nb))
```

``summarise()`` has grouped output by 'month'. You can override using the ``groups`` argument.

```
# A tibble: 1,113 x 3
# Groups:   month [12]
  month dest      nb
  <int> <chr> <int>
1      8 ORD    1604
2     10 ORD    1604
3      5 ORD    1582
```

```

4      9 ORD      1582
5      7 ORD      1573
6      6 ORD      1547
7      7 ATL      1511
8      8 ATL      1507
9      8 LAX      1505
10     7 LAX      1500
# ... with 1,103 more rows

```

On peut également compter selon plusieurs variables :

```

flights |>
  count(origin, dest) |>
  arrange(desc(n))

# A tibble: 224 x 3
  origin dest      n
  <chr>  <chr> <int>
1 JFK    LAX    11262
2 LGA    ATL    10263
3 LGA    ORD     8857
4 JFK    SFO     8204
5 LGA    CLT     6168
6 EWR    ORD     6100
7 JFK    BOS     5898
8 LGA    MIA     5781
9 JFK    MCO     5464
10 EWR    BOS     5327
# ... with 214 more rows

```

On peut utiliser plusieurs opérations de groupage dans le même *pipeline*. Ainsi, si l'on souhaite déterminer le couple origine/destination ayant le plus grand nombre de vols selon le mois de l'année, on devra procéder en deux étapes :

- d'abord grouper selon mois, origine et destination pour calculer le nombre de vols
- puis grouper uniquement selon le mois pour sélectionner la ligne avec la valeur maximale.



Au final, on obtient le code suivant :

```
flights |>
  group_by(month, origin, dest) |>
  summarise(nb = n()) |>
  group_by(month) |>
  filter(nb == max(nb))
```

`summarise()` has grouped output by 'month', 'origin'. You can override using the `.groups` argument.

```
# A tibble: 12 x 4
# Groups:   month [12]
  month origin dest    nb
  <int> <chr>   <chr> <int>
1     1  JFK    LAX    937
2     2  JFK    LAX    834
3     3  JFK    LAX    960
4     4  JFK    LAX    935
5     5  JFK    LAX    960
6     6  JFK    LAX    928
7     7  JFK    LAX    985
8     8  JFK    LAX    979
9     9  JFK    LAX    925
10    10  JFK    LAX    965
11    11  JFK    LAX    907
12    12  JFK    LAX    947
```

Lorsqu'on effectue un `dplyr::group_by()` suivi d'un `dplyr::summarise()`, le tableau résultat est automatiquement dégroupé *de la dernière variable de regroupement*. Ainsi le tableau généré par le code suivant est groupé par *month* et *origin*<sup>15</sup> :

```
flights |>
  group_by(month, origin, dest) |>
  summarise(nb = n())
```

<sup>15</sup> Comme expliqué dans le message affiché dans la console, cela peut être contrôlé avec l'argument `.groups` de `dplyr::summarise()`, dont les options sont décrites dans l'aide de la fonction.

`summarise()` has grouped output by 'month', 'origin'. You can override using the `.groups` argument.

```
# A tibble: 2,313 x 4
# Groups:   month, origin [36]
  month origin dest      nb
  <int> <chr>   <chr> <int>
1     1   EWR    ALB      64
2     1   EWR    ATL    362
3     1   EWR    AUS     51
4     1   EWR    AVL      2
5     1   EWR    BDL     37
6     1   EWR    BNA    111
7     1   EWR    BOS    430
8     1   EWR    BQN     31
9     1   EWR    BTV    100
10    1   EWR    BUF    119
# ... with 2,303 more rows
```

Cela peut permettre d'enchaîner les opérations groupées. Dans l'exemple suivant, on calcule le pourcentage des trajets pour chaque destination par rapport à tous les trajets du mois :

```
flights |>
  group_by(month, dest) |>
  summarise(nb = n()) |>
  mutate(pourcentage = nb / sum(nb) * 100)
```

`summarise()` has grouped output by 'month'. You can override using the `.groups` argument.

```
# A tibble: 1,113 x 4
# Groups:   month [12]
  month dest      nb pourcentage
  <int> <chr> <int>      <dbl>
1     1  ALB      64      0.237
2     1  ATL    1396      5.17
3     1  AUS     169      0.626
4     1  AVL      2      0.00741
5     1  BDL     37      0.137
6     1  BHM     25      0.0926
7     1  BNA    399      1.48
```

```

8      1 BOS      1245      4.61
9      1 BQN        93      0.344
10     1 BTV       223      0.826
# ... with 1,103 more rows

```

On peut à tout moment dégrouper un tableau à l'aide de `dplyr::ungroup()`. Ce serait par exemple nécessaire, dans l'exemple précédent, si on voulait calculer le pourcentage sur le nombre total de vols plutôt que sur le nombre de vols par mois :

```

flights |>
  group_by(month, dest) |>
  summarise(nb = n()) |>
  ungroup() |>
  mutate(pourcentage = nb / sum(nb) * 100)

```

``summarise()`` has grouped output by 'month'. You can override using the ``.groups`` argument.

```

# A tibble: 1,113 x 4
  month dest      nb pourcentage
  <int> <chr> <int>      <dbl>
1     1 ALB      64     0.0190
2     1 ATL    1396     0.415
3     1 AUS     169     0.0502
4     1 AVL       2     0.000594
5     1 BDL      37     0.0110
6     1 BHM      25     0.00742
7     1 BNA     399     0.118
8     1 BOS    1245     0.370
9     1 BQN      93     0.0276
10    1 BTV     223     0.0662
# ... with 1,103 more rows

```

À noter que `dplyr::count()`, par contre, renvoie un tableau non groupé :

```
flights |>
  count(month, dest)
```

```
# A tibble: 1,113 x 3
  month dest      n
  <int> <chr> <int>
1     1 ALB      64
2     1 ATL    1396
3     1 AUS     169
4     1 AVL       2
5     1 BDL     37
6     1 BHM     25
7     1 BNA    399
8     1 BOS   1245
9     1 BQN     93
10    1 BTV    223
# ... with 1,103 more rows
```

## 8.4 Cheatsheet



## 8.5 webin-R

On pourra également se référer au webin-R #04 (*manipuler les données avec dplyr*) sur [YouTube](https://youtu.be/aFvBhgmawcs).

<https://youtu.be/aFvBhgmawcs>

## 9 Facteurs et forcats

Dans **R**, les facteurs sont utilisés pour représenter des variables catégorielles, c'est-à-dire des variables qui ont un nombre fixé et limité de valeurs possibles (par exemple une variable *sexe* ou une variable *niveau d'éducation*).

De telles variables sont parfois représentées sous forme textuelle (vecteurs de type `character`). Cependant, cela ne permet pas d'indiquer un ordre spécifique aux modalités, à la différence des facteurs.

### **i** Note

Lorsque l'on importe des données d'enquêtes, il est fréquent que les variables catégorielles sont codées sous la forme d'un code numérique (par exemple 1 pour *femme* et 2 pour *homme*) auquel est associé une *étiquette de valeur*. C'est notamment le fonctionnement usuel de logiciels tels que **SPSS**, **Stata** ou **SAS**. Les étiquettes de valeurs seront abordées dans un prochain chapitre (voir Chapitre 10).

Au moment de l'analyse (tableaux statistiques, graphiques, modèles de régression...), il sera nécessaire de transformer ces vecteurs avec étiquettes en facteurs.

### 9.1 Création d'un facteur

Le plus simple pour créer un facteur est de partir d'un vecteur textuel et d'utiliser la fonction `factor()`.

```
x <- c("nord", "sud", "sud", "est", "est", "est")
x |>
```

```
factor()
```

```
[1] nord sud  sud  est  est  est  
Levels: est nord sud
```

Par défaut, les niveaux du facteur obtenu correspondent aux valeurs uniques du facteur textuel, triés par ordre alphabétique. Si l'on veut contrôler l'ordre des niveaux, et éventuellement indiquer un niveau absent des données, on utilisera l'argument `levels` de `factor()`.

```
x |>  
  factor(levels = c("nord", "est", "sud", "ouest"))
```

```
[1] nord sud  sud  est  est  est  
Levels: nord est sud ouest
```

Si une valeur observée dans les données n'est pas indiqué dans `levels`, elle sera silencieusement convertie en valeur manquante (NA).

```
x |>  
  factor(levels = c("nord", "sud"))
```

```
[1] nord sud  sud  <NA> <NA> <NA>  
Levels: nord sud
```

Si l'on veut être averti par un warning dans ce genre de situation, on pourra avoir plutôt recours à la fonction `readr::parse_factor()` du package `{readr}`, qui, le cas échéant, renverra un tableau avec les problèmes rencontrés.

```
x |>  
  readr::parse_factor(levels = c("nord", "sud"))
```

```
Warning: 3 parsing failures.
row col      expected actual
  4 -- value in level set    est
  5 -- value in level set    est
  6 -- value in level set    est

[1] nord sud  sud  <NA> <NA> <NA>
attr(,"problems")
# A tibble: 3 x 4
  row   col expected      actual
  <int> <int> <chr>      <chr>
1     4     NA value in level set est
2     5     NA value in level set est
3     6     NA value in level set est
Levels: nord sud
```

Une fois un facteur créé, on peut accéder à la liste de ses étiquettes avec `levels()`.

```
f <- factor(x)
levels(f)
```

```
[1] "est" "nord" "sud"
```

Dans certaines situations (par exemple pour la réalisation d'une régression logistique ordinaire), on peut avoir besoin d'indiquer que les modalités du facteur sont ordonnées hiérarchiquement. Dans ce cas là, on aura simplement recours à `ordered()` pour créer/convertir notre facteur.

```
c("supérieur", "primaire", "secondaire", "primaire", "supérieur") |>
  ordered(levels = c("primaire", "secondaire", "supérieur"))
```

```
[1] supérieur primaire secondaire primaire supérieur
Levels: primaire < secondaire < supérieur
```

Techniquement, les valeurs d'un facteur sont stockés de manière interne à l'aide de nombres entiers, dont la valeur représente la

position de l'étiquette correspondante dans l'attribut `levels`. Ainsi, un facteur à `n` modalités sera toujours codé avec les nombres entiers allant de 1 à `n`.

```
class(f)
```

```
[1] "factor"
```

```
typeof(f)
```

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

```
as.integer(f)
```

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

```
as.character(f)
```

```
[1] "nord" "sud"  "sud"  "est"  "est"  "est"
```

## 9.2 Changer l'ordre des modalités

L'extension `{forcats}`, chargée par défaut lorsque l'on exécute la commande `library(tidyverse)`, fournit plusieurs fonctions pour manipuler des facteurs. Pour donner des exemples d'utilisation de ces différentes fonctions, nous allons utiliser le jeu de données `hdv2003` de l'extension `{questionr}`.

```
library(forcats)
data("hdv2003", package = "questionr")
```

Considérons la variable *qualif* qui indique le niveau de qualification des enquêtés. On peut voir la liste des niveaux de ce facteur, et leur ordre, avec `levels()`, ou en effectuant un tri à plat avec la fonction `questionr::freq()`.



```
hdv2003$qualif |>
  levels()
```

```
[1] "Ouvrier specialise"      "Ouvrier qualifie"
[3] "Technicien"             "Profession intermediaire"
[5] "Cadre"                  "Employe"
[7] "Autre"
```

```
hdv2003$qualif |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Ouvrier specialise	203	10.2	12.3
Ouvrier qualifie	292	14.6	17.7
Technicien	86	4.3	5.2
Profession intermediaire	160	8.0	9.7
Cadre	260	13.0	15.7
Employe	594	29.7	35.9
Autre	58	2.9	3.5
NA	347	17.3	NA

Parfois, on a simplement besoin d'inverser l'ordre des facteurs, ce qui peut se faire facilement avec la fonction `forcats::fct_rev()`. Elle renvoie le facteur fourni en entrée en ayant inversé l'ordre des modalités (mais sans modifier l'ordre des valeurs dans le vecteur).

```
hdv2003$qualif |>
  fct_rev() |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Autre	58	2.9	3.5
Employe	594	29.7	35.9
Cadre	260	13.0	15.7
Profession intermediaire	160	8.0	9.7
Technicien	86	4.3	5.2

Ouvrier qualifie	292	14.6	17.7
Ouvrier specialise	203	10.2	12.3
NA	347	17.3	NA

Pour plus de contrôle, on utilisera `forcats::fct_relevel()` où l'on indique l'ordre souhaité des modalités. On peut également seulement indiquer les premières modalités, les autres seront ajoutées à la fin sans changer leur ordre.

```
hdv2003$qualif |>
  fct_relevel("Cadre", "Autre", "Technicien", "Employe") |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Cadre	260	13.0	15.7
Autre	58	2.9	3.5
Technicien	86	4.3	5.2
Employe	594	29.7	35.9
Ouvrier specialise	203	10.2	12.3
Ouvrier qualifie	292	14.6	17.7
Profession intermediaire	160	8.0	9.7
NA	347	17.3	NA

La fonction `forcats::fct_infreq()` ordonne les modalités de celle la plus fréquente à celle la moins fréquente (nombre d'observations) :

```
hdv2003$qualif |>
  fct_infreq() |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Employe	594	29.7	35.9
Ouvrier qualifie	292	14.6	17.7
Cadre	260	13.0	15.7
Ouvrier specialise	203	10.2	12.3
Profession intermediaire	160	8.0	9.7
Technicien	86	4.3	5.2
Autre	58	2.9	3.5
NA	347	17.3	NA

Pour inverser l'ordre, on combinera `forcats::fct_infreq()` avec `forcats::fct_rev()`.

```
hdv2003$qualif |>
  fct_infreq() |>
  fct_rev() |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Autre	58	2.9	3.5
Technicien	86	4.3	5.2
Profession intermediaire	160	8.0	9.7
Ouvrier specialise	203	10.2	12.3
Cadre	260	13.0	15.7
Ouvrier qualifie	292	14.6	17.7
Employe	594	29.7	35.9
NA	347	17.3	NA

Dans certains cas, on souhaite créer un facteur dont les modalités sont triées selon leur ordre d'apparation dans le jeu de données. Pour cela, on aura recours à `forcats::fct_inorder()`.

```
v <- c("c", "a", "d", "b", "a", "c")
factor(v)
```

```
[1] c a d b a c
Levels: a b c d
```

```
fct_inorder(v)
```

```
[1] c a d b a c
Levels: c a d b
```

La fonction `forcats::fct_reorder()` permet de trier les modalités en fonction d'une autre variable. Par exemple, si je souhaite trier les modalités de la variable *qualif* en fonction de l'âge moyen (dans chaque modalité) :

```

hdv2003$qualif_tri_age <-
  hdv2003$qualif |>
  fct_reorder(hdv2003$age, .fun = mean)
hdv2003 |>
  dplyr::group_by(qualif_tri_age) |>
  dplyr::summarise(age_moyen = mean(age))

```

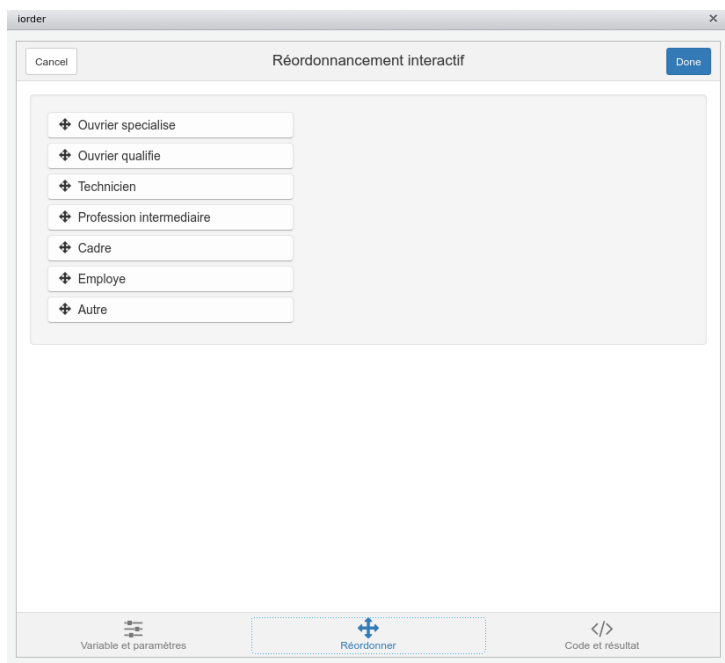
```

# A tibble: 8 x 2
  qualif_tri_age      age_moyen
  <fct>             <dbl>
1 Technicien        45.9
2 Employe           46.7
3 Autre             47.0
4 Ouvrier specialise 48.9
5 Profession intermediaire 49.1
6 Cadre             49.7
7 Ouvrier qualifie  50.0
8 <NA>              47.9

```

#### Astuce

`{questionr}` propose une interface graphique afin de faciliter les opérations de réordonnancement manuel. Pour la lancer, sélectionner le menu *Addins* puis *Levels ordering*, ou exécuter la fonction `questionr::iorder()` en lui passant comme paramètre le facteur à réordonner.



Une démonstration en vidéo de cet *add-in* est disponible dans le webin-R #05 (*recoder des variables*) sur [YouTube](<https://youtu.be/CokvTbtWdwc?t=3934>).  
<https://youtu.be/CokvTbtWdwc>

### 9.3 Modifier les modalités

Pour modifier le nom des modalités, on pourra avoir recours à `forcats::fct_recode()` avec une syntaxe de la forme "nouveau nom" = "ancien nom".

```
hdv2003$sexe |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Homme	899	45	45
Femme	1101	55	55

```

hdv2003$sexe <-
  hdv2003$sexe |>
  fct_recode(f = "Femme", m = "Homme")
hdv2003$sexe |>
  questionr::freq()

```

	n	%	val%
m	899	45	45
f	1101	55	55

On peut également fusionner des modalités ensemble en leur attribuant le même nom.

```

hdv2003$nivetud |>
  questionr::freq()

```

	n	%	val%
N'a jamais fait d'etudes	39	2.0	2.1
A arrete ses etudes, avant la derniere annee d'etudes primaires	86	4.3	4.6
Derniere annee d'etudes primaires	341	17.0	18.1
1er cycle	204	10.2	10.8
2eme cycle	183	9.2	9.7
Enseignement technique ou professionnel court	463	23.2	24.5
Enseignement technique ou professionnel long	131	6.6	6.9
Enseignement superieur y compris technique superieur	441	22.0	23.4
NA	112	5.6	NA

```

hdv2003$instruction <-
  hdv2003$nivetud |>
  fct_recode(
    "primaire" = "N'a jamais fait d'etudes",
    "primaire" = "A arrete ses etudes, avant la derniere annee d'etudes primaires",
    "primaire" = "Derniere annee d'etudes primaires",
    "secondaire" = "1er cycle",
    "secondaire" = "2eme cycle",
    "technique/professionnel" = "Enseignement technique ou professionnel court",
    "technique/professionnel" = "Enseignement technique ou professionnel long",
    "superieur" = "Enseignement superieur y compris technique superieur"
  )

```

```
)
hdv2003$instruction |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
primaire	466	23.3	24.7
secondaire	387	19.4	20.5
technique/professionnel	594	29.7	31.5
supérieur	441	22.0	23.4
NA	112	5.6	NA

### Interface graphique

L'extension `{questionr}` propose une interface graphique facilitant le recodage des modalités d'une variable qualitative. L'objectif est de permettre à la personne qui l'utilise de saisir les nouvelles valeurs dans un formulaire, et de générer ensuite le code R correspondant au recodage indiqué.

Pour utiliser cette interface, sous **RStudio** vous pouvez aller dans le menu *Addins* (présent dans la barre d'outils principale) puis choisir *Levels recoding*. Sinon, vous pouvez lancer dans la console la fonction `questionr::irec()` en lui passant comme paramètre la variable à recoder.

#### Astuce

Une démonstration en vidéo de cet *add-in* est disponible dans le webin-R #05 (*recoder des variables*) sur [YouTube](<https://youtu.be/CokvTbtWdwc?t=3387>).  
<https://youtu.be/CokvTbtWdwc>

La fonction `forcats::fct_collapse()` est une variante de `forcats::fct_recode()` pour indiquer les fusions de modalités. La même recodification s'écrit alors :

```
hdv2003$instruction <-
  hdv2003$nivetud |>
  fct_collapse(
    "primaire" = c(
      "N'a jamais fait d'etudes",
      "A arrete ses etudes, avant la derniere annee d'etudes primaires",
      "Derniere annee d'etudes primaires"
```



```

),
"secondaire" = c(
  "1er cycle",
  "2eme cycle"
),
"technique/professionnel" = c(
  "Enseignement technique ou professionnel court",
  "Enseignement technique ou professionnel long"
),
"supérieur" = "Enseignement superieur y compris technique superieur"
)

```

Pour transformer les valeurs manquantes (NA) en une modalité explicite, on pourra avoir recours à `forcats::fct_explicit_na()`.

```

hdv2003$instruction <-
  hdv2003$instruction |>
  fct_explicit_na(na_level = "(manquant)")
hdv2003$instruction |>
  questionr::freq()

```

	n	%	val%
primaire	466	23.3	23.3
secondaire	387	19.4	19.4
technique/professionnel	594	29.7	29.7
supérieur	441	22.0	22.0
(manquant)	112	5.6	5.6

Plusieurs fonctions permettent de regrouper plusieurs modalités dans une modalité *autres*.

Par exemple, avec `forcats::fct_other()`, on pourra indiquer les modalités à garder.

```

hdv2003$qualif |>
  questionr::freq()

```

	n	%	val%
Ouvrier specialise	203	10.2	12.3

Ouvrier qualifie	292	14.6	17.7
Technicien	86	4.3	5.2
Profession intermediaire	160	8.0	9.7
Cadre	260	13.0	15.7
Employe	594	29.7	35.9
Autre	58	2.9	3.5
NA	347	17.3	NA

```
hdv2003$qualif |>
  fct_other(keep = c("Technicien", "Cadre", "Employe")) |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Technicien	86	4.3	5.2
Cadre	260	13.0	15.7
Employe	594	29.7	35.9
Other	713	35.6	43.1
NA	347	17.3	NA

La fonction `forcats::fct_lump_n()` permet de ne conserver que les modalités les plus fréquentes et de regrouper les autres dans une modalité *autres*.

```
hdv2003$qualif |>
  fct_lump_n(n = 4, other_level = "Autres") |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Ouvrier specialise	203	10.2	12.3
Ouvrier qualifie	292	14.6	17.7
Cadre	260	13.0	15.7
Employe	594	29.7	35.9
Autres	304	15.2	18.4
NA	347	17.3	NA

Et `forcats::fct_lump_min()` celles qui ont un minimum d'observations.

```
hdv2003$qualif |>
  fct_lump_min(min = 200, other_level = "Autres") |>
  questionr::freq()
```

	n	%	val%
Ouvrier specialise	203	10.2	12.3
Ouvrier qualifie	292	14.6	17.7
Cadre	260	13.0	15.7
Employe	594	29.7	35.9
Autres	304	15.2	18.4
NA	347	17.3	NA

Il peut arriver qu'une des modalités d'un facteur ne soit pas représentée dans les données.

```
v <- factor(
  c("a", "a", "b", "a"),
  levels = c("a", "b", "c")
)
questionr::freq(v)
```

	n	%	val%
a	3	75	75
b	1	25	25
c	0	0	0

Pour calculer certains tests statistiques ou faire tourner un modèle, ces modalités sans observation peuvent être problématiques. `forcats::fct_drop()` permet de supprimer les modalités qui n'apparaissent pas dans les données.

```
v
```

```
[1] a a b a
Levels: a b c
```

```
v |> fct_drop()
```

```
[1] a a b a  
Levels: a b
```

À l'inverse, `forcats::fct_expand()` permet d'ajouter une ou plusieurs modalités à un facteur.

```
v
```

```
[1] a a b a  
Levels: a b c
```

```
v |> fct_expand("d", "e")
```

```
[1] a a b a  
Levels: a b c d e
```

## 10 Étiquettes de valeurs

**partie III**

# **Manipulation avancée**

## 11 Dates avec lubridate

## 12 Réorganisation avec tidyr