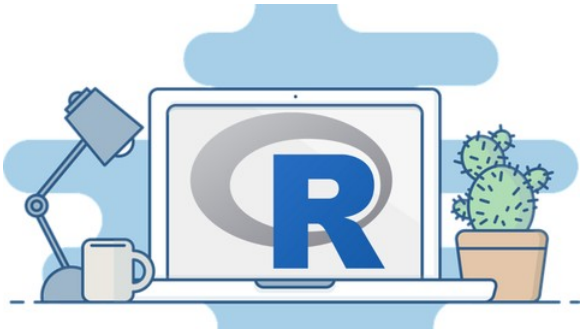

Guide pratique de LaTeX sous R Markdown

Jiayue LIU

16 novembre 2020

Contents

Introduction

LaTeX est un langage informatique dérivé de TeX qui permet de composer et produire des documents, souvent scientifiques, contenant des contenus mathématiques (notamment des équations) mis en style. Dans l'environnement R Markdown, on peut écrire directement des commandes LaTeX avec le package `TinyTeX` qui est déjà installé par défaut.

L'usage de LaTeX produit des contenus mathématiques de façon uniforme et structurée, comme par exemple celle-ci :

$$f(x) = x + 1$$

Ou encore celle-là, un peu plus compliquée :

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

N.B. Bien que LaTeX est également très puissant pour la mise en page des documents ainsi produits, nous nous intéressons principalement à son usage dans un contexte mathématique. Ainsi, la mise en page du présent document a été réalisée uniquement avec la syntaxe Markdown.

1. Les bases

1.1 Les composants de la syntaxe LaTeX

Découvrons d'abord quelques notions de base dans LaTeX. Il est à préciser que la syntaxe complète de LaTeX contient des éléments qui structure un document tout entier. Sous R Markdown, on peut très bien se passer de cette partie mais pour vous donner une idée, voici un exemple :

```
\documentclass{article}

\begin{document}
Hello world!
\end{document}
```

Maintenant, passons à deux concepts clés : environnement et commande.

1.1.1 Environnement

Un environnement LaTeX est un espace de travail dans lequel nous pouvons procéder à l'écriture des contenus mathématiques. L'environnement le plus souvent utilisé est `equation` (auquel nous reviendrons plus tard). Un environnement pourrait (**et devrait!**) être ouvert et fermé avec les commandes `\begin{}` et `\end{}`.

```
\begin{equation}
...
\end{equation}
```

La différence entre les environnements repose sur la typographie. Les équations situées dans un environnement sont automatiquement numérotées. Pour désactiver la numérotation, on pourra utiliser la version "étoilée" telle que `equation*`.

1.1.2 Commande

De manière générale, les commandes appartiennent à un environnement spécifique. Cependant, certaines commandes comme `\label{}` ou bien `\ref{}` sont endogènes à LaTeX et peuvent donc être appelées dans tous les environnements. Voici un cas d'usage dans l'environnement `equation`.

```
\begin{equation}
\label{S}
S=\pi r^2
\end{equation}
```

ce qui produit :

$$S = \pi r^2 \tag{1}$$

Plus loin dans le texte, on pourra donc citer la formule 1 en tapant `\ref{S}`:

```
(...) la formule \ref{S} (...)
```

(...) la formule 1 (...)

La numérotation sera modifiée automatiquement lorsque l'emplacement de l'équation en question est changé.

1.1.3 Quelques particularités

Commentaire : Les commentaires dans LaTeX sont marqués par le signe `%`. Ainsi, les codes ci-dessous

```
\begin{equation*}
\label{aireS} % cette partie ne sera pas intérprétée
S=\pi r^2
\end{equation*}
```

produisent le résultat suivant :

$$S = \pi r^2$$

Espace : LaTeX ne prend pas en compte ni espace ni tabulation. Ainsi dans l'exemple suivant :

```
\begin{equation*}
S       =       \pi % On peut mettre autant d'espace qu'on veut...
r^2 % ...ou même sauter à la ligne
\end{equation*}
```

Le résultat restera le même :

$$S = \pi r^2$$

Caractères fonctionnels : LaTeX considère que les caractères suivants sont par défaut le début d'une commande à exécuter : `# $ % ^ & _ { } ~ \`. Ainsi, pour les écrire sans erreur, il faut impérativement mettre un *backslash* (\). Par exemple, pour que LaTeX comprenne que le `%` signifie le pourcentage, il faut écrire `\%`.

1.2 Typographies mathématiques

Il existe deux modes typographiques sous LaTeX qui chacun détermine l'affichage du résultat de sortie.

Ordinary Math Mode : le contenu mathématique commence par `\(` ou `$` et finit par `\)` ou `$` et est mélangé avec le texte. Exemple :

```
L'aire $S$ d'un disque de rayon $r$ est égale à :
\(
S = \pi r^2
\)
```

ce qui donne :

L'aire S d'un disque de rayon r est égale à : $S = \pi r^2$

Display Math Mode : le contenu mathématique est détaché du reste du texte ; cela commence par `\[` et se termine par `\]`. On peut considérer cette syntaxe comme une version abrégée de `\begin{equation}` et `\end{equation}`.

```
L'aire $S$ d'un disque de rayon $r$ est égale à : \[S = \pi r^2\]
```

ce qui donne :

L'aire S d'un disque de rayon r est égale à :

$$S = \pi r^2$$

N.B. Certains manuels de LaTeX utilisent `$$` pour remplacer `\[` et `\]`, une syntaxe primitive héritée de TeX mais leur usage est déconseillé dans l'environnement R Markdown pour des raisons d'incompatibilité.

2. Symboles et caractères

LaTeX est capable de détecter les symboles mathématiques basiques comme les opérateurs binaires (`+`, `-`, `*`, `/`) et les relations (`=`, `<`, `>`) etc., il n'est d'ailleurs plus nécessaire de mettre un *backslash* devant ces signes. Mais pour d'autres types de symboles, il faut connaître les codes correspondants.

2.1 En apéritif...

Types de symboles	Code	Entrée	Sortie
Exposant	`^`	`a^{1}`	a^1
Indice	`_`	`x_{1}`	x_1
Fraction	`\frac`	`\frac{x}{y}`	$\frac{x}{y}$
Racine carrée	`\sqrt`	`\sqrt[n]{x}`	$\sqrt[n]{x}$
		`\sqrt{x}`	$\sqrt{x}$
Somme	`\sum`	`\sum{k=1}^n`	$\sum k = 1^n$
Produit	`\prod`	`\prod{k=1}^n`	$\prod k = 1^n$

2.2 Symboles mathématiques et lettres grecques

$\leq$	`\leq`	$\geq$	`\geq`	$\neq$	`\neq`	$\approx$	`\approx`
$\times$	`\times`	$\div$	`\div`	$\pm$	`\pm`	$\cdot$	`\cdot`
$^\circ$	`^{\circ}`	$\circ$	`\circ`	$\prime$	`\prime`	$\cdots$	`\cdots`
∞	`\infty`	$\neg$	`\neg`	$\wedge$	`\wedge`	$\vee$	`\vee`

$\supset$	\supset	$\forall$	\forall	$\in$	\in	$\rightarrow$	\rightarrow
$\subset$	\subset	$\exists$	\exists	$\notin$	\notin	$\Rightarrow$	\Rightarrow
$\cup$	\cup	$\cap$	\cap	$\mid$	\mid	$\Leftrightarrow$	\Leftrightarrow
$\dot{a}$	\dot a	$\hat{a}$	\hat a	$\bar{a}$	\bar a	$\tilde{a}$	\tilde a
α	\alpha	β	\beta	γ	\gamma	δ	\delta
ϵ	\epsilon	ζ	\zeta	η	\eta	ε	\varepsilon
θ	\theta	ι	\iota	κ	\kappa	ϑ	\vartheta
λ	\lambda	μ	\mu	ν	\nu	ξ	\xi
π	\pi	ρ	\rho	σ	\sigma	τ	\tau
υ	\upsilon	ϕ	\phi	χ	\chi	ψ	\psi
ω	\omega	Γ	\Gamma	Δ	\Delta	Θ	\Theta
Λ	\Lambda	Ξ	\Xi	Π	\Pi	Σ	\Sigma
Υ	\Upsilon	Φ	\Phi	Ψ	\Psi	Ω	\Omega

2.3 Les délimiteurs

`() [] \{\} \langle \rangle` : $()[]\{\}\langle\rangle$

N.B. Pour ajuster la taille des délimiteurs, on peut utiliser `\left` et `\right` avec la syntaxe suivante:

`\left<delim1> <formule> \right<delim2>`

Lorsqu'on a besoin d'un seul délimiteur, on utilise "." juste après `\left` ou `\right`. Exemple :

```
\[
  |x| = \left\{
          \begin{array}{ll}
            +x & \qquad \text{si}\quad x\geq 0 \\
            -x & \qquad \text{sinon} \\
          \end{array}
        \right.
\]
```

ce qui donne le résultat :

$$|x| = \left\{ \begin{array}{ll} +x & \qquad \text{si} \quad x \geq 0 \\ -x & \qquad \text{sinon} \end{array} \right.$$

2.4 Les fonctions

Les fonctions prédéfinies sont: `\sin`, `\cos`, `\tan`, `\arcsin`, `\arccos`, `\arctan`, `\sinh`, `\cosh`, `\tanh`, `\cot`, `\log`, `\ln`, `\lim`, suivies de `(x)`. Pour d'autres fonctions non définies, il faut explorer les options supplémentaires du package `amsmath`.

2.5 L'espacement

- `\,`, espace fine
- `\;`, espace moyenne
- `\:`, espace large
- `\`, espace normale (intermot)
- `\quad`, cadratin
- `\qquad`, double cadratin

Pour une liste exhaustive des symboles sous LaTeX , vous pouvez consulter ce document qui fait l'objet d'une mise à jour régulière : http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf

3. Environnements

3.1 L'environnement `equation`

L'environnement `equation` permet d'insérer une seule formule dans le texte.

```
\begin{equation}
  S=\pi r^2
\end{equation}
```

$$S = \pi r^2 \tag{2}$$

Notez bien que la formule est automatiquement numérotée, ce qui n'est pas le cas avec `\[` et `\]` ou `$$`.

3.2 Les environnements `split` et `gather`

Parfois on a besoin de séparer une longue formule en plusieurs étapes pour que ce soit plus lisible. Pour ce faire, nous allons créer l'environnement `split` à l'intérieur de l'environnement `equation`. Exemple :

```
\begin{equation*}
\begin{split}
  y & = (a+b)^2 \\
    & = a^2 + b^2 + 2ab \\
    & \geq 0 \,.
\end{split}
\end{equation*}
```

$$\begin{aligned} y &= (a+b)^2 \\ &= a^2 + b^2 + 2ab \\ &\geq 0\,. \end{aligned}$$

N.B. L'usage de `&` et de `\\` permet d'indiquer l'alignement et les sauts de lignes.

Si on veut associer plusieurs formules sous-ajacentes, on peut utiliser l'environnement `gather` sans passer par `equation`. Exemple :

```
\begin{gather}
  \sum_i{F_i} = \frac{d_v}{d_t} = 0 \\
  F = M \* a                        \\
  \sum{F_{A,B}} = \-\sum{F_{B,A}}
\end{gather}
```

$$\sum_i F_i = \frac{d_v}{d_t} = 0 \tag{3}$$

$$F = Ma \tag{4}$$

$$\sum F_{A,B} = \sum F_{B,A} \tag{5}$$

3.3 L'environnement `align`

Tout comme `split`, cet environnement permet de séparer les équations en plusieurs étapes mais en s'assurant qu'elles soient alignées. Mais contrairement à `split`, les équations dans `align` sont numérotés individuellement.

```
\begin{align}
F(z) & = \sum^\infty_{n=0} f_n z^n \\
& = z + \sum^\infty_{n=2}(f_{n-1}+f_{n-2}) z^n \\
& = z + F(z)/z + F(z)/z^2 \\
\nonumber
& = z / (1 - z - z^2) \,.
\end{align}
```

$$
\begin{aligned}
F(z) &= \sum_{n=0}^{\infty} f_n z^n && (6)\\
&= z + \sum_{n=2}^{\infty} (f_{n-1} + f_{n-2}) z^n && (7)\\
&= z + F(z)/z + F(z)/z^2 && (8)\\
&= z/(1 - z - z^2)\,.
\end{aligned}
$$

N.B. La commande `\nonumber` met en pause la numérotation automatique.

3.4 L'environnement `array` et les matrices

Avec l'environnement `array`, on peut très bien écrire des matrices, mais il est obligatoire de le mettre entre `\left(` et `\right)`.

```
\[
\left(
\begin{array}{ccc}
     x & y & z
  \\ \alpha & \beta & \gamma
\end{array}
\right)
\]
```

$$
\left(
\begin{array}{ccc}
x & y & z \\ \alpha & \beta & \gamma
\end{array}
\right)
$$

N.B. La commande `{ccc}` après `\begin{array}` sert à aligner les colonnes. On utilise les lettres `l`, `c` et `r` pour indiquer *gauche*, *centré* et *droite*. Par ailleurs, les démiliteurs par défaut sont les parenthèses. Pour changer les signes de délimiteur, il faudrait rajouter les commandes supplémentaires après `\left(` et `\right)`, telles que `\lvert` et `\rvert` pour les barres verticales, ce qui est peu commode.

Ainsi on pourrait également utiliser les 6 commandes de matrice dans le pakcage `asmmath` (déjà intégré) permettant d'écrire des matrices avec des délimiteurs différents.

- `pamtrix` crée des parenthèses : $\begin{pmatrix}1 & 2 & 3\end{pmatrix}$
- `bmatrix` crée des crochets : $\begin{bmatrix}1 & 2 & 3\end{bmatrix}$
- `Bmatrix` crée des accolades : $\begin{Bmatrix}1 & 2 & 3\end{Bmatrix}$
- `vmatrix` crée des barres verticales : $\begin{vmatrix}1 & 2 & 3\end{vmatrix}$

- `Vmatrix` crée des doubles barres verticales : $\left\|1 \quad 2 \quad 3\right\|$

Voici un exemple avec `bmatrix`:

```
\[
\begin{bmatrix}
  2 & 1
\\0 & 1
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
  x \\
  y
\end{bmatrix}
\]
```

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

4. Insertion et manipulation des graphiques

Il existe sous LaTeX des packagges ou extensions pour pouvoir travailler sur des éléments graphiques comme des images ou des dessins. Pour ce faire, il faut introduire le package `graphicx` (déjà installé).

Pour commencer, on utilise la commande `includegraphics[options]{nom du fichier}`. Il est par ailleurs d'omettre l'extension du fichier (ici .jpg en l'occurrence). Dans la partie `[options]`, on a la possibilité d'ajuster la taille de l'image par exemple.

Cependant, la commande `includegraphics` ne s'accompagne d'aucune mise en page. Par conséquent, nous pouvons utiliser l'environnement `figure` qui assure une bonne représentation de l'image dans le texte.

Ainsi, avec la commande suivante :

```
\begin{figure}
  \centering \includegraphics[angle=0,scale=0.25]{donald.png}
  \caption{"Donald Duck"}
  \label{duck}
\end{figure}
```

On obtient le résultat suivant :

Figure 1: "Donald Duck"

On voit que la figure est automatiquement numérotée avec la commande `\caption`, comme dans l'exemple des équations montré plus haut.

Il existe trois manières d'agir sur la taille d'un graphique. * scale=ratio, où ratio est un nombre positif ou négatif, permet de changer la taille globale de la figure ; * width=dimen permet d'imposer la largeur du graphique ; * height=dimen permet d'imposer la hauteur du graphique.

Avec l'option `angle=ndegre` on peut réaliser également des rotations.

```
\begin{figure}
  \centering \includegraphics[angle=180,scale=0.25]{donald.png}
  \caption{"Donald Trump"}
  \label{trump}
\end{figure}
```

ce qui donne :

Figure 2: "Donald Trump"