

Les mathématiques avec T_EX

Denis ROEGEL

roegel@loria.fr

1997

T_EX a été créé par Knuth pour mettre en page les volumes de sa série *The Art Of Computer Programming*. Cet ouvrage est très riche en formules mathématiques et la vocation première de T_EX a toujours été de faire de belles mathématiques.

Strasbourg a été une ville pionnière en T_EX, puisqu'elle a déjà abrité un congrès T_EX il y a plus de dix ans^a et qu'on y trouve des personnalités telles que Jacques Désarménien (auteur de travaux sur les motifs de coupure français) et Raymond Séroul (auteur du *Petit Livre de T_EX*).

Références de cette partie :

- T_EXbook, de Donald Knuth
- Math into L^AT_EX, de George Grätzer
- L^AT_EX Companion, de Goossens, Mittelbach et Samarin
- Documentation du *package* AMS-L^AT_EX.

a. T_EX for scientific documentation : second European conference, Strasbourg, France, June 19-21, 1986.

1. Les mathématiques dans T_EX : aperçu

1.1. Environnements texte et *display*

- dans le texte : $\$ \dots \$$
- en-dehors du texte (*display*) : $\$\$ \dots \$\$$

Quatre styles règlent les tailles et espacements dans les formules :

- `\displaystyle` : $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$
- `\textstyle` : $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$
- `\scriptstyle` : $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$
- `\scriptscriptstyle` : $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$

L'espacement dans une formule peut être modulé par l'emploi de `\mathstrut` ou encore `\phantom`, `\vphantom` ou `\hphantom`.

- \sqrt{x} (`\sqrt{x}`) et \sqrt{x} (`\sqrt{\mathstrut x}`)
- $\sqrt{}$ (`\sqrt{}`) et $\sqrt{}$ (`\sqrt{\vphantom{A}}`)
- $\sqrt{}$ (`\sqrt{\hphantom{ABCDE}}`)

- $\sqrt{}$ (`\sqrt{}`)

1.2. Nombreux symboles et commandes

- cmr10 : lettres grecques droites,...
- cmmi10 : italique mathématique, y compris lettres grecques
- cmsy10 : symboles
- cmex10 : symboles extensibles

1.2.1. cmr10

Test of cmr10 on April 20, 1997 at 0018

	'0	'1	'2	'3	'4	'5	'6	'7	
'00x	Γ	Δ	Θ	Λ	Ξ	Π	Σ	Υ	"0x
'01x	Φ	Ψ	Ω	ff	fi	fl	ffi	ffl	
'02x	ı	j	˘	˙	˚	˛	-	˜	"1x
'03x	ı	ß	æ	œ	ø	Æ	Œ	Ø	
'04x	ˆ	!	"	#	\$	%	&	'	"2x
'05x	()	*	+	,	-	.	/	
'06x	0	1	2	3	4	5	6	7	"3x
'07x	8	9	:	;	|	=	ı	?	
'10x	@	A	B	C	D	E	F	G	"4x
'11x	H	I	J	K	L	M	N	O	
'12x	P	Q	R	S	T	U	V	W	"5x
'13x	X	Y	Z	["]	^	˘	
'14x	‘	a	b	c	d	e	f	g	"6x
'15x	h	i	j	k	l	m	n	o	
'16x	p	q	r	s	t	u	v	w	"7x
'17x	x	y	z	-	—	"	˘	˙	
	"8	"9	"A	"B	"C	"D	"E	"F	

1.2.2. cmmi10

Test of cmmi10 on April 20, 1997 at 0018

	'0	'1	'2	'3	'4	'5	'6	'7	
'00x	Γ	Δ	Θ	Λ	Ξ	Π	Σ	Υ	"0x
'01x	Φ	Ψ	Ω	α	β	γ	δ	ϵ	
'02x	ζ	η	θ	ι	κ	λ	μ	ν	"1x
'03x	ξ	π	ρ	σ	τ	υ	ϕ	χ	
'04x	ψ	ω	ε	ϑ	ϖ	ϱ	ς	φ	"2x
'05x	\leftarrow	\leftarrow	\rightarrow	\rightarrow	\leftarrow	\rightarrow	\rightarrow	\leftarrow	
'06x	o	1	2	3	4	5	6	7	"3x
'07x	8	9	.	,	<	/	>	*	
'10x	∂	A	B	C	D	E	F	G	"4x
'11x	H	I	J	K	L	M	N	O	
'12x	P	Q	R	S	T	U	V	W	"5x
'13x	X	Y	Z	\flat	\sharp	\smile	\frown		
'14x	ℓ	a	b	c	d	e	f	g	"6x
'15x	h	i	j	k	l	m	n	o	
'16x	p	q	r	s	t	u	v	w	"7x
'17x	x	y	z	\imath	j	\wp	\rightarrow	\leftarrow	
	"8	"9	"A	"B	"C	"D	"E	"F	

1.2.3. cmsy10

Test of cmsy10 on April 20, 1997 at 0019

	'0	'1	'2	'3	'4	'5	'6	'7	
'00x	-	.	x	*	÷	◊	±	≠	"0x
'01x	⊕	⊖	⊗	⊙	⊚	⊛	⊜	⊝	
'02x	×	≡	⊂	⊃	⊆	⊇	⊈	⊉	"1x
'03x	~	≈	⊂	⊃	⊆	⊇	⊈	⊉	
'04x	←	→	↑	↓	↔	↗	↘	↙	"2x
'05x	⇐	⇒	⇑	⇓	⇔	↖	↗	∞	
'06x	∓	∞	∈	∋	Δ	∇	/	∓	"3x
'07x	∨	∃	¬	∅	ℜ	ℑ	⊥	⊥	
'10x	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	"4x
'11x	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	
'12x	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	"5x
'13x	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	ℵ	
'14x	⊢	⊣	⊤	⊥	⊦	⊧	{	}	"6x
'15x	(	)	|	||	⋈	⋈	\	∩
'16x	√	∏	∇	∫	∫	∫	∫	∫	"7x
'17x	§	†	‡	¶	♣	◇	♥	♠	
	"8	"9	"A	"B	"C	"D	"E	"F	

1.2.4. cmex10

'00x	(	)	[	]	{	}	[	]	{	}	'0x
'01x	{	}	<	>	(	)	[	]	/	\	'1x
'02x	(	)	{	}	[	]	<	>	/	\	'2x
'03x	[	]	{	}	[	]	<	>	/	\	'3x
'04x	(	)	[	]	<	>	[	]	/	\	'4x
'05x	{	}	<	>	[	]	/	\	/	\	'5x
'06x	(	)	[	]	<	>	[	]	/	\	'6x
'07x	(	)	{	}	[	]	<	>	/	\	'7x
'10x	(	)	{	}	[	]	<	>	/	\	'8
'11x	∫	∫	⊕	⊕	⊖	⊖	⊗	⊗	⊗	⊗	'9
'12x	∑	∑	∩	∩	∪	∪	∩	∩	∩	∩	'A
'13x	∑	∏	∩	∩	∪	∪	∩	∩	∩	∩	'B
'14x	∏	∏	∩	∩	∪	∪	∩	∩	∩	∩	'C
'15x	[	]	[	]	[	]	[	]	[	]	'D
'16x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	'E
'17x	↑	↓	↖	↗	↘	↙	↘	↙	↘	↙	'F

1.3. Espacement des symboles

TEX reconnaît 8 types d'espacements :

- `\mathbin` : espacement de symboles binaires ;
- `\mathrel` : espacement de relations ;
- `\mathord` : pas d'espacement particulier ;
- `\mathop` : espacement d'opérateur ;
- `\mathopen` : espacement pour symbole ouvrant, par exemple '(' ;
- `\mathclose` : espacement pour symbole fermant, par exemple ')' ;
- `\mathpunct` : espacement pour la ponctuation ;
- `\mathinner` : espacement autour des fractions et de constructions comme `\left...\right...`

Exemple : soit à définir « R » comme un symbole de relation ; il suffit d'écrire `$a \mathrel{R} b $` pour obtenir $a R b$. Sans `\mathrel`, on obtient : aRb .

1.4. Espacement des formules

Formules *courtes* : une telle formule peut *rentrer* dans la fin de l'alinéa précédent ; c'est par exemple le cas de :

$$\sum_{i=0}^{i=n} i = \frac{n(n+1)}{2}$$

Formules *longues* : la formule ne peut pas *rentrer* dans le dernier alinéa ;

$$\sum_{i=0}^{i=n} i = \frac{n(n+1)}{2}$$

1.5. Délimiteurs

Les commandes `\left` et `\right` permettent de créer des délimiteurs de taille adaptée à un objet :

`\left(\int_1^x \frac{1}{t} dt = \log x\right)`

$$\left(\int_1^x \frac{1}{t} dt = \log x\right)$$

2. Environnements mathématiques standard en L^AT_EX

2.1. Alternatives à T_EX

Certaines commandes mathématiques de T_EX rendent difficile l'analyse des causes des erreurs ou ont pour effet de faire détecter les erreurs trop tard. C'est pour cela qu'il ne faut pas utiliser les commandes suivantes :

- $\$. . . \$$: utiliser à la place $\backslash (. . . \backslash)$; de plus, un programme d'édition (comme `emacs`) peut mieux détecter les oublis.
- $\$ \$. . . \$ \$$: utiliser à la place $\backslash [. . . \backslash]$; ceci a les mêmes avantages, plus la possibilité d'agir globalement sur les numéros des équations via l'option '`f leqn`'.
- $\{ a \over b \}$: utiliser $\backslash frac\{a\}\{b\}$ ($\frac{a}{b}$)

2.2. Choix de la police

<i>Exemple</i>	<i>Effet</i>
<code>\mathnormal</code>	<i>style italique mathématique</i>
<code>\mathcal</code>	<i>STYLE CALLIGRAPHIQUE</i>
<code>\mathrm</code>	style droit
<code>\mathbf</code>	style gras
<code>\mathsf</code>	style sans empattements
<code>\mathit</code>	<i>style italique</i>
<code>\mathtt</code>	style machine à écrire

Il ne faut pas utiliser `\texttt`, `\textit`, etc.

Il ne faut pas non plus entrer en mode mathématique dans le simple but d'écrire en italique.

D'autres polices sont disponibles via les *packages* `amsfonts` (qui fournit `\mathbb`) et `euca1` (qui redéfinit `\mathcal`).

`\mathbb\{ABC\}` donne \mathbb{ABC}

2.3. Paramètres de style

- `\arraycolsep` : la moitié de la largeur de l'espace entre deux colonnes d'un environnement `array`;
- `\jot` : espace supplémentaire ajouté entre deux lignes d'un environnement `eqnarray` ou `eqnarray*`;
- `\mathindent` : indentation des formules '*display*' dans le cas de l'emploi de l'option `fleqn`;
- `\abovedisplayskip` : espace avant une formule longue ;
- `\belowdisplayskip` : espace après une formule longue ;
- `\abovedisplayshortskip` : espace avant une formule courte ;
- `\belowdisplayshortskip` : espace après une formule courte.

2.4. Définitions, théorèmes

Les définitions, théorèmes, corollaires, etc., peuvent être réalisés grâce à un environnement de type 'theorem' déclaré par `\newtheorem`.

2.4.1. Environnement de base

Exemples de déclarations :

```
\newtheorem{definition}{D\'efinition}
\newtheorem{theorem}{Th\'eor\`eme}
\newtheorem{proposition}{Proposition}
\newtheorem{corollaire}{Corollaire}
\newtheorem{lemma}{Lemme}
```

On écrit ensuite :

```
\begin{corollaire}[Russell]
\((1+1=2\))
\end{corollaire}
```

pour obtenir

Corollaire 1 (Russell). $1 + 1 = 2$

2.4.2. Package theorem

Ce *package* permet de personnaliser un environnement de type `theorem`.

- `\newtheorem{foo}{bar}` : les théorèmes faits avec 'foo' utilisent leur propre compteur ;
- `\newtheorem{foo2}[foo]{bar2}` : les théorèmes faits avec 'foo2' utilisent le même compteur que `foo` ;
- `\newtheorem{foo3}{bar3}[section]` : le compteur de théorème est remis à 0 à chaque section.

Styles

Le style d'un théorème peut être défini grâce à la commande `\theoremstyle`. Le style utilisé est le style en vigueur au moment du `\newtheorem` :

```
\theoremstyle{break}      \newtheorem{Cor}{Corollary}
\theoremstyle{plain}     \newtheorem{Exa}{Example}[section]
```

Polices

La police utilisée dans le corps d'un théorème peut être modifiée avec `\theorembodyfont` :

```
{\theorembodyfont{\upshape} \newtheorem{Rem}{Remark}}
```

Pour l'en-tête des environnements théorème, on peut utiliser `\theoremheaderfont` :

```
\theoremheaderfont{\sffamily\bfseries}
```

Espacement

Enfin, l'espacement avant et après un théorème peut être réglé avec `\theorempreskipamount` et `\theorempostskipamount`.

Pour en savoir plus, voir la documentation du *package theorem* par exemple sur le LN.

Le *package amsthm* de AMS- \LaTeX fournit des possibilités similaires.

2.6. Équations

L'environnement `equation` permet de représenter une équation numérotée ou non (avec `\nonumber`) :

```
\begin{equation}
E=mc^2
\end{equation}

\begin{equation}
E=mc^2\nonumber
\end{equation}
```

donne :

$$E = mc^2 \quad (1)$$

$$E = mc^2$$

2.5. Intégrales

Les intégrales sont obtenues avec \int . Toutefois, si l'on n'utilise pas AMS- \LaTeX , la taille de \int ne varie pas dans un style donné (par exemple `\displaystyle`) quelle que soit la taille de l'objet figurant sous le signe somme. Il s'agit d'un choix de Knuth basé sur l'examen de nombreux articles parus. On peut y remédier en chargeant le *package* `exscale`.

L'environnement `eqnarray` permet de représenter des ensembles d'équations numérotées et les aligner :

```
\begin{eqnarray}
E&=&mc^2\\
x^n+y^n&=&z^n
\end{eqnarray}
```

```
\begin{eqnarray*}
E&=&mc^2\\
x^n+y^n&=&z^n
\end{eqnarray*}
```

donne :

$$E = mc^2 \quad (2)$$

$$x^n + y^n = z^n \quad (3)$$

$$E = mc^2$$
$$x^n + y^n = z^n$$

`\nonumber` peut aussi être employé pour ne numéroter que certaines équations.

2.7. Matrices

2.7.1. Environnement array

```
\left \begin{array}{ccc}
1&0&0\\
0&1&0\\
0&0&1
\end{array} \right
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2.7.2. Package array

Le `package array` étend les fonctionnalités des environnements `tabular` et `array`.

Voir la documentation sur le LN.

2.7.3. Package de `array`

Ce *package* permet de donner les délimiteurs comme paramètres de l'environnement `array` :

```
\begin{array}({cc})  
A&B\C&D  
\end{array}
```

donne :

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$$

3. AMS- \LaTeX

Par AMS- \LaTeX on désigne un ensemble de *packages* qui forment une version \LaTeX du format AMS- \TeX (développé par Michael Spivak au début des années 80). Le plus important de ces *packages* est `amsmath` (anciennement nommé `amstex`).

De plus, AMS- \LaTeX comporte un ensemble de symboles accessibles via le *package* `amssymb`.

Toute la documentation est disponible sur CTAN ou le LN.

3.1. Intérêt de AMS-L^AT_EX

- Moyen pratique de définir de nouveaux noms d'opérateurs analogues à `\sin` et `\lim`, avec sélection correcte des tailles dans les divers cas de figure ;
- Variantes de l'environnement `eqnarray` ;
- Numéros d'équations se positionnant automatiquement vers le haut ou vers le bas pour éviter les superpositions avec l'équation (ce qui est le cas avec `eqnarray`) ;
- Espacement autour d'égaux comme dans l'environnement `equation` (ce qui est le cas avec `eqnarray`) ;
- Indices sur plusieurs lignes, par exemple dans des sommations ;
- Possibilité de donner une variante de numéro d'équation ;
- Numérotation de « sous-équations » dans des groupes d'équations (1.3a) (1.3b) (1.3c) ;
- Commande `\boldsymbol` pour obtenir des versions grasse de symboles, y compris de choses comme ∞ et des lettres grecques ;
- *Package* `amsthm` fournissant un environnement `proof` et des améliorations à la commande `\newtheorem`.
- ...

3.2. Fonctionnalités

3.2.1. Commandes pour nouveaux symboles

- La commande `\boldsymbol` peut être employée pour mettre un symbole en gras, si celui-ci existe en gras.
- Sinon, on peut utiliser `\pmb` (*Poor man's bold*).
- `\mathbb` (défini par le *package* `amsfonts`)
- `\mathfrak` (défini par le *package* `eufrak`)
- `\text` permet d'insérer du texte dans une formule mathématique :
`\E=mc^2\quad\text{(Einstein)}` (qui donne $E = mc^2$ (Einstein))

3.2.2. Symboles d'intégrales

- `\int` : signes \int ou \int
- `\iint` : signes \iint ou \iint
- `\iiint` : signes \iiint ou \iiint
- `\iiiiint` : signes \iiiiint ou \iiiiint
- `\idotsint` : signes $\int \cdots \int$ ou $\int \cdots \int$

3.2.3. Flèches

- `\overrightarrow{abcde}` : \overrightarrow{abcde}
- `\overleftarrow{abcde}` : \overleftarrow{abcde}
- `\underrightarrow{abcde}` : \underrightarrow{abcde}
- `\underleftarrow{abcde}` : \underleftarrow{abcde}
- `\overleftrightharrow{abcde}` : $\overleftrightharrow{abcde}$
- `\underleftrightharrow{abcde}` : $\underleftrightharrow{abcde}$

3.2.4. Points

Normalement, `\dots` assure la bonne hauteur des points, en fonction de ce qui suit la commande. Mais, on peut forcer le type des points avec `\dotsc` (points avec virgule (*comma*)), `\dotsb` (points avec opération *binaire*), `\dotsm` (points de *multiplication*) et `\dotsi` (points avec *intégrales*).

```
Then we have the series $A_1,A_2,\dotsc$,
the regional sum $A_1+A_2+\dotsb$,
the orthogonal product $A_1A_2\dotsm$,
and the infinite integral
\[\int_{A_1}\int_{A_2}\dotsi\].
```

produit :

Then we have the series A_1, A_2, \dots , the regional sum $A_1 + A_2 + \dots$, the orthogonal product $A_1 A_2 \dots$, and the infinite integral

$$\int_{A_1} \int_{A_2} \dots$$

3.2.5. Tirets insécables

`\nobreakdash` interdit la coupure devant le tiret qui suit.

Exemples :

```
\newcommand{\p}{\p\nobreakdash}% pour "\p-adic"
\newcommand{\Ndash}{\nobreakdash--}% pour "pages 1\Ndash 9"
% Pour "\n dimensional" ("n-dimensional"):
\newcommand{\n}[1]{\n\nobreakdash-\hspace{0pt}}
% \hspace{0pt} autorise la coupure dans le mot qui suit
```

3.2.6. Accents

Les commandes suivantes

```
\Hat \Check \Tilde \Acute \Grave \Dot \Ddot
\Breve \Bar \Vec
```

donnent des accents bien placés en cas de double accentuation. Comparez $\hat{\hat{A}}$ (obtenu avec `$$\hat{\hat{A}}$`) et $\hat{\hat{A}}$ (obtenu avec `$$\Hat{\Hat{A}}$`).

3.2.7. Accents en indice

Les commandes `\sphat`, `\spdot`, etc., permettent de mettre des accents en indice. Ces commandes sont accessibles en chargeant le *package* `amsxtra`.

`\sphat` donne $A^{\hat{}}$

`\spdot` donne $A^{\dot{}}$

3.2.8. Accents points

Les commandes `\dddot` et `\ddddot` fournissent des accents triples et quadruples (en plus de `\dot` et `\ddot` de \LaTeX standard) :

`$$\dddot{A}$$` donne \dddot{A}

`$$\ddddot{A}$$` donne \ddddot{A}

3.2.9. Racines

`\sqrt[\leftroot{-2}\uproot{2}\beta]{k}`

déplace le β vers le haut et à droite : $\sqrt[\beta]{k}$

(au lieu de $\sqrt[\beta]{k}$ sans décalage).

3.2.10. Formules encadrées : `\boxed`

$$\boxed{\eta \leq C(\delta(\eta) + \Lambda_M(0, \delta))} \quad (4)$$

obtenu avec :

`\boxed{\eta \leq C(\delta(\eta) + \Lambda_M(0, \delta))}`

3.2.11. Flèches extensibles

Les commandes `\xleftarrow` et `\xrightarrow` donnent des flèches extensibles. Le paramètre optionnel indique ce qui se trouve sous la flèche.

$$A \xleftarrow[n+\mu-1]{} B \xrightarrow[T]{n\pm i-1} C \quad (5)$$

`\xleftarrow{n+\mu-1}\quad \xrightarrow[T]{n\pm i-1}`

3.2.12. Indices généralisés

- `\overset` : `\overset{*}{X}` place un $*$ en taille d'indice au dessus de X ;
- `\underset` : analogue à `\overset` ;

– `\sideset` : cette commande prend deux arguments et s'applique à l'opérateur qui suit ;

`\sideset{}{\prime}\sum_{n<k,\;\text{\$n\$ odd}} nE_n`

pour obtenir

$$\sum'_{n<k, n \text{ odd}} nE_n \quad (6)$$

`\sideset{_{*^*}}{_{*^*}}\prod`

produit

$$*\prod* \quad (7)$$

3.2.13. `\smash`

La commande `\smash` annule la hauteur et la profondeur d'une boîte. Si l'argument `[t]` (resp. `[b]`) est précisé, seule la hauteur (resp. la profondeur) est annulée.

Comparez $\sqrt{x} + \sqrt{y} + \sqrt{z}$ and $\sqrt{x} + \sqrt{y} + \sqrt{z}$, où le dernier exemple a été produit avec `\sqrt{x} + \sqrt{\smash[b]{y}} + \sqrt{z}`.

3.2.14. Noms d'opérateurs

`\DeclareMathOperator{\xxx}{xxx}`

permet d'écrire :

`\xxx(n)` pour obtenir $\text{xxx}(n)$

`\[\xxx_a^b(n)\]` pour obtenir

$$\text{xxx}_a^b(n)$$

Si l'opérateur à définir a des « limites » comme `\lim`, on emploie la forme étoilée :

`\DeclareMathOperator*{\Lim}{Lim}`

$$\text{Lim}_{x \rightarrow \infty} x \log x = 0$$

$\text{Lim}_{x \rightarrow \infty} x \log x = 0$

Quelques opérateurs sont définis par le *package* `amsopn` :

$$\varlimsup \lim_{n \rightarrow \infty} Q(u_n, u_n - u) \leq 0$$

$$\varliminf \lim_{n \rightarrow \infty} |a_{n+1}| / |a_n| = 0$$

$$\varinjlim (m_i^\lambda)^* \leq 0$$

$$\varprojlim_{p \in S(A)} A_p \leq 0$$

3.2.15. Modulo

$$\gcd(n, m \bmod n); \quad x \equiv y \pmod{b}; \quad x \equiv y \pmod{c}; \quad x \equiv y \pmod{d} \quad (8)$$

```
\gcd(n,m\bmod n);\quad x\equiv y\pmod b  
;\quad x\equiv y\pmod c;\quad x\equiv y\pmod d
```

3.2.16. Fractions

Commandes interdites

Les commandes de T_EX `\over`, `\atop`, etc., sont interdites par le *package* AMS- \LaTeX .

Abréviations

En plus de `\frac`, AMS- \LaTeX fournit `\dfrac` et `\tfrac` comme abréviations de `{\displaystyle\frac...}` et `{\textstyle\frac...}`.

$$\frac{1}{k} \log_2 c(f) \quad \frac{1}{k} \log_2 c(f) \quad \sqrt{\frac{1}{k} \log_2 c(f)} \quad \sqrt{\frac{1}{k} \log_2 c(f)} \quad (9)$$

```
\begin{equation}  
\frac{1}{k}\log_2 c(f)\;;\tfrac{1}{k}\log_2 c(f)\;  
\sqrt{\frac{1}{k}\log_2 c(f)}\;;\sqrt{\dfrac{1}{k}\log_2 c(f)}  
\end{equation}
```

Binôme

$2^k - \binom{k}{1}2^{k-1} + \binom{k}{2}2^{k-2}$

donne :

$$2^k - \binom{k}{1}2^{k-1} + \binom{k}{2}2^{k-2} \quad (10)$$

Fractions généralisées

La commande `\genfrac` permet de créer de nouveaux types de fractions.

`\genfrac{⟨délím-gauche⟩}{⟨délím-droit⟩}{⟨épaisseur⟩}{⟨style⟩}{⟨numérateur⟩}{⟨dénominateur⟩}`

Le paramètre de style est indiqué numériquement :

0 pour `\displaystyle`

1 pour `\textstyle`

2 pour `\scriptstyle`

3 pour `\scriptscriptstyle`

Définitions possibles de `\frac`, `\tfrac` et `\binom` en fonction de `\genfrac` :

```
\newcommand{\frac}[2]{\genfrac{}{}{}{}{#1}{#2}}
```

```
\newcommand{\tfrac}[2]{\genfrac{}{}{1}{#1}{#2}}
```

```
\newcommand{\binom}[2]{\genfrac{()}{()}{0pt}{}{#1}{#2}}
```

3.2.17. Fractions continues

La fraction

$$\frac{1}{\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{2} + \dots}}} \quad (11)$$

peut être obtenue en tapant

```
\cfrac{1}{\sqrt{2}+  
  \cfrac{1}{\sqrt{2}+  
    \cfrac{1}{\sqrt{2}+\dotsb  
  }}}}
```

Pour placer le numérateur à gauche, on peut utiliser `\cfrac[l]` et pour le placer à droite `\cfrac[r]` :

$$\cfrac[l]{1}{\sqrt{2} + \cfrac[r]{1}{\sqrt{2} + \cfrac[r]{1}{\sqrt{2} + \dots}}} \quad (12)$$

$$\cfrac[r]{1}{\sqrt{2} + \cfrac[l]{1}{\sqrt{2} + \cfrac[l]{1}{\sqrt{2} + \dots}}} \quad (13)$$

3.2.18. Délimiteurs

Délimiteur	texte	<code>\left</code>	<code>\bigl</code>	<code>\Bigl</code>	<code>\biggl</code>	<code>\Biggl</code>
taille	taille	<code>\right</code>	<code>\bigr</code>	<code>\Bigr</code>	<code>\biggr</code>	<code>\Biggr</code>
Résultat	$(b)\left(\frac{c}{d}\right)$	$(b)\left(\frac{c}{d}\right)$	$(b)\left(\frac{c}{d}\right)$	$(b)\left(\frac{c}{d}\right)$	$(b)\left(\frac{c}{d}\right)$	$(b)\left(\frac{c}{d}\right)$

Les délimiteurs `\bigl...` peuvent être utiles dans plusieurs cas :

Si `\left` et `\right` donnent un résultat trop grand

$$\left[\sum_i a_i \left| \sum_j x_{ij} \right|^p \right]^{1/p} \quad \text{versus} \quad \left[\sum_i a_i \left| \sum_j x_{ij} \right|^p \right]^{1/p}$$

`\left[\sum_i a_i\left|\sum_j x_{ij}\right|^p\right]^{1/p}`

`\quad\text{versus}\quad`

`\biggl[\sum_i a_i\Bigl|\sum_j x_{ij}\Bigr|^p\biggr]^{1/p}`

Si `\left` et `\right` n'augmentent pas la taille

$$((a_1 b_1) - (a_2 b_2)) ((a_2 b_1) + (a_1 b_2)) \quad \text{versus} \quad ((a_1 b_1) - (a_2 b_2)) ((a_2 b_1) + (a_1 b_2))$$

`\left((a_1 b_1) - (a_2 b_2)\right)\right)`

`\left((a_2 b_1) + (a_1 b_2)\right)\right)`

`\quad\text{versus}\quad`

`\bigl((a_1 b_1) - (a_2 b_2)\bigr)\bigr)`

`\bigl((a_2 b_1) + (a_1 b_2)\bigr)\bigr)`

Délimiteurs légèrement trop grands dans le texte

$$\left| \frac{b'}{d'} \right| \text{ vs. } \left| \frac{b'}{d'} \right|.$$

`\left|\frac{b'}{d'}\right|` vs.

`\bigl|\frac{b'}{d'}\bigr|`.

3.2.19. Environnements de matrices

Environnement cases

$$P_{r-j} = \begin{cases} 0 & \text{if } r - j \text{ is odd,} \\ r!(-1)^{(r-j)/2} & \text{if } r - j \text{ is even.} \end{cases} \quad (14)$$

```
P_{r-j}=\begin{cases}
0& \text{\text{if } $r-j$ is odd},\\
r!\,(-1)^{(r-j)/2}& \text{\text{if } $r-j$ is even}.
\end{cases}
```

Environnement matrix et variantes

En \LaTeX standard : `array`

Avec AMS- \LaTeX , environnements `pmatrix`, `bmatrix`, `Bmatrix`, `vmatrix` et `Vmatrix` qui ont pour délimiteurs (respectivement) `()`, `[]`, `{}`, `||` et `|||`.

Les colonnes sont centrées et il y en a au maximum `MaxMatrixCols` (par défaut égal à 10).

Pour des colonnes non centrées, il faut utiliser l'environnement `array`.

Pour de petites matrices dans le texte, comme $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$, on peut utiliser l'environnement `smallmatrix`:

```
\bigl( \begin{smallmatrix}
a&b\\ c&d
\end{smallmatrix} \bigr)
```

`\hdotsfor` donne des points s'étendant sur plusieurs colonnes :

a	b	c	d	<code>\begin{matrix}</code>
e	.....			<code>a&b&c&d\\</code>
				<code>e&\hdotsfor{3} \end{matrix}</code>

L'espacement entre les points peut être modulé avec un paramètre optionnel qui est un facteur multiplicatif appliqué à l'espacement :

$$\begin{pmatrix} D_1 t & -a_{12} t_2 & \dots & -a_{1n} t_n \\ -a_{21} t_1 & D_2 t & \dots & -a_{2n} t_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{n1} t_1 & -a_{n2} t_2 & \dots & D_n t \end{pmatrix}, \quad (15)$$

```
\begin{pmatrix} D_1 t & -a_{12} t_2 & \dots & -a_{1n} t_n \\ -a_{21} t_1 & D_2 t & \dots & -a_{2n} t_n \\ \hdotsfor[2]{4} \\ -a_{n1} t_1 & -a_{n2} t_2 & \dots & D_n t \end{pmatrix}
```

\substack et subarray

La commande `\substack` permet d'empiler des indices :

```
\sum_{\substack{0 \leq i \leq m \\ 0 < j < n}} P(i, j)
```

produit

$$\sum_{\substack{0 \leq i \leq m \\ 0 < j < n}} P(i, j) \quad (16)$$

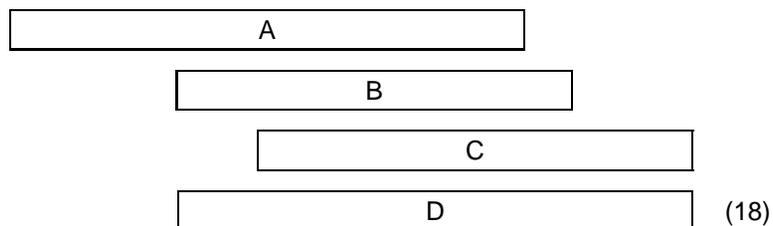
```
\sum_{\begin{subarray}{l} i \in \Lambda \\ 0 < j < n \end{subarray}} P(i, j)
```

donne

$$\sum_{\substack{i \in \Lambda \\ 0 < j < n}} P(i, j) \quad (17)$$

multline : équations coupées, sans alignement

L'environnement d'équation est adapté à une équation qui tient sur la largeur impartie. Si l'équation est trop longue, on peut la mettre sur plusieurs lignes avec l'environnement `multline` :


$$\begin{array}{l} \text{A} \\ \text{B} \\ \text{C} \\ \text{D} \end{array} \quad (18)$$

```
\begin{multline}
\framebox[.65\columnwidth]{A}\\
\framebox[.5\columnwidth]{B}\\
\shoveright{\framebox[.55\columnwidth]{C}}\\
\framebox[.65\columnwidth]{D}
\end{multline}
```

- première ligne : à gauche
- dernière ligne : à droite
- autres lignes : centrées ou déplacées à gauche avec `\shoveleft` ou à droite avec `\shoveright`
- l'espace à gauche de la première ligne ou à droite de la dernière ligne est contrôlé par la longueur `\multlinegap`.

3.2.20. Environnements de base

AMS-L^AT_EX fournit des extensions des environnements standard `equation` et `equationarray` :

- `align`
- `alignat`
- `equation`
- `gather`
- `multline`
- `split`

split : équations coupées, avec alignement

L'environnement `split` s'utilise au sein d'un autre environnement tel que `equation` :

$$H_c = \frac{1}{2n} \sum_{l=0}^n (-1)^l (n-l)^{p-2} \sum_{l_1+\dots+l_p=l} \prod_{i=1}^p \binom{n_i}{l_i} \cdot [(n-l) - (n_i - l_i)]^{n_i - l_i} \cdot \left[(n-l)^2 - \sum_{j=1}^p (n_i - l_i)^2 \right]. \quad (19)$$

```
\begin{equation}\label{e:barwq}\begin{split}H_c&=\frac{1}{2n} \sum_{l=0}^n (-1)^l (n-l)^{p-2} \\ &\sum_{l_1+\dots+l_p=l} \prod_{i=1}^p \binom{n_i}{l_i} \\ &\quad \cdot [(n-l) - (n_i - l_i)]^{n_i - l_i} \cdot \\ &\quad \Bigl[ (n-l)^2 - \sum_{j=1}^p (n_i - l_i)^2 \Bigr].\end{split}\end{equation}
```

(alignement sur le signe =)

gather : équations groupées, mais non alignées

align : groupes d'équations avec alignements mutuels

$$x = y \qquad X = Y \qquad a = b + c \qquad (20)$$

$$x' = y' \qquad X' = Y' \qquad a' = b \qquad (21)$$

$$x + x' = y + y' \qquad X + X' = Y + Y' \qquad a'b = c'b \qquad (22)$$

```
\begin{align}x&=y & & X&=Y & & a&=b+c \\ x'&=y' & & X'&=Y' & & a'&=b \\ x+x'&=y+y' & & X+X'&=Y+Y' & & a'b&=c'b\end{align}
```

L'environnement `flalign` aligne la colonne la plus à gauche à gauche et la colonne la plus à droite à droite.

Les annotations d'équations se font avec `\text` :

$$x = y_1 - y_2 + y_3 - y_5 + y_8 - \dots \quad \text{by (14)} \quad (23)$$

$$= y' \circ y^* \quad \text{by (15)} \quad (24)$$

$$= y(0)y' \quad \text{by Axiom 1.} \quad (25)$$

```
\begin{align}
x& = y_1-y_2+y_3-y_5+y_8-\dots && \text{\text{by \eqref{eq:C}}}\backslash\backslash
& = y'\circ y^* && \text{\text{by \eqref{eq:D}}}\backslash\backslash
& = y(0) y' && \text{\text{by Axiom 1.}}
\end{align}
```

(ici, pas de parties gauches d'équations)

alignat : permet de spécifier l'espacement entre colonnes

Le nombre de colonnes est donné en paramètre.

Par défaut, l'espacement est nul.

$$x = y_1 - y_2 + y_3 - y_5 + y_8 - \dots \quad \text{by (14)} \quad (26)$$

$$= y' \circ y^* \quad \text{by (15)} \quad (27)$$

$$= y(0)y' \quad \text{by Axiom 1.} \quad (28)$$

```
\begin{alignat}{2}
x& = y_1-y_2+y_3-y_5+y_8-\dots && \quad \text{\text{by \eqref{eq:C}}}\backslash\backslash
& && \text{\text{by \eqref{eq:D}}}\backslash\backslash
& = y'\circ y^* && \text{\text{by Axiom 1.}}
\end{alignat}
```

Comparaison des différents environnements

```
\begin{equation*}
a=b
\end{equation*}
```

$$a = b$$

```
\begin{equation}
a=b
\end{equation}
```

$$a = b \quad (29)$$

```
\begin{equation}\label{xx}
\begin{split}
a& =b+c-d\\
& \quad +e-f\\
& =g+h\\
& =i
\end{split}
\end{equation}
```

$$\begin{aligned} a &= b + c - d \\ &\quad + e - f \\ &= g + h \\ &= i \end{aligned} \quad (30)$$

```
\begin{multline}
a+b+c+d+e+f\\
+i+j+k+l+m+n
\end{multline}
```

$$\begin{aligned} a + b + c + d + e + f \\ + i + j + k + l + m + n \end{aligned} \quad (31)$$

```
\begin{gather}
a_1=b_1+c_1\\
a_2=b_2+c_2-d_2+e_2
\end{gather}
```

$$a_1 = b_1 + c_1 \quad (32)$$

$$a_2 = b_2 + c_2 - d_2 + e_2 \quad (33)$$

```
\begin{align}
a_1& =b_1+c_1\\
a_2& =b_2+c_2-d_2+e_2
\end{align}
```

$$a_1 = b_1 + c_1 \quad (34)$$

$$a_2 = b_2 + c_2 - d_2 + e_2 \quad (35)$$

aligned et gathered : alignement vertical

Par défaut, l'alignement vertical est centré, mais les environnements `aligned` et `gathered` peuvent avoir un paramètre optionnel `t` ou `b` :

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha\alpha \\ \beta &= \beta\beta\beta\beta\beta \quad \text{versus} \quad \delta = \delta\delta \\ \gamma &= \gamma \quad \eta = \eta\eta\eta\eta\eta\eta \\ \varphi &= \varphi \end{aligned}$$

```
\begin{equation*}
\begin{aligned}
\alpha&=\alpha\alpha\\
\beta&=\beta\beta\beta\beta\beta\\
\gamma&=\gamma
\end{aligned}
\end{equation*}
```

```
\begin{equation*}
\begin{aligned}
\alpha&=\alpha\alpha\\
\beta&=\beta\beta\beta\beta\beta\\
\gamma&=\gamma
\end{aligned}
\end{equation*}
```

```
\begin{equation*}
\begin{aligned}
\alpha&=\alpha\alpha\\
\beta&=\beta\beta\beta\beta\beta\\
\gamma&=\gamma
\end{aligned}
\end{equation*}
```

```
\begin{equation*}
\begin{aligned}
\alpha&=\alpha\alpha\\
\beta&=\beta\beta\beta\beta\beta\\
\gamma&=\gamma
\end{aligned}
\end{equation*}
```

3.2.21. Numéros d'équations

\tag

Les environnements * suppriment les numéros d'équation.

Le numéro d'une équation peut être supprimé en insérant \notag avant le \\ clôturant la ligne.

Enfin, \tag (ou sa version épurée \tag*) permettent de décider précisément de l'étiquette :

```
\begin{gather}
x^2+y^2=z^2 \label{eq:r2}\\
x^3+y^3=z^3 \notag\\
x^4+y^4=z^4 \tag{\$*\$}\\
x^5+y^5=z^5 \tag*{\$'\$}\\
x^6+y^6=z^6 \tag{\ref{eq:r2}\$'\$}
\end{gather}
```

$$x^2 + y^2 = z^2 \quad (38)$$

$$x^3 + y^3 = z^3$$

$$x^4 + y^4 = z^4 \quad (*)$$

$$x^5 + y^5 = z^5 \quad ,$$

$$x^6 + y^6 = z^6 \quad (38')$$

```
\begin{align}
a_{11}&=b_{11}& a_{12}&=b_{12} & (36) \\
a_{12}&=b_{12} \\
a_{21}&=b_{21}& a_{22}&=b_{22} + c_{22} \\
a_{22}&=b_{22} + c_{22} & & & (37)
\end{align}
```

```
\begin{flalign*}
a_{11}&=b_{11}& a_{12}&=b_{12} \\
a_{12}&=b_{12} \\
a_{21}&=b_{21}& a_{22}&=b_{22} + c_{22}
\end{flalign*}
```

Remise à zéro du compteur d'équations

Le compteur d'équations peut être remis à 0 à chaque section (par exemple) avec :

```
\numberwithin{equation}{section}
```

Références croisées

La commande `\eqref` fournit les parenthèses et ajoute la correction italique.

Sous-équations

L'environnement `subequations` permet de créer une subdivision dans les numéros d'équations.

```
\begin{subequations}
\begin{equation}
a=1
\end{equation}
\begin{equation}
b=2
\end{equation}
\end{subequations}
```

$a = 1$ (39a)

$b = 2$ (39b)

3.2.22. Coupures dans les équations

Plusieurs équations ou plusieurs lignes d'une même équation peuvent être séparées avec l'emploi de `\\[dimension]`.

Par défaut, les environnements de AMS- \LaTeX ne sont pas coupés, mais peuvent l'être par l'emploi de `\displaybreak` et `\allowdisplaybreak`. Tout comme `\pagebreak`, `\displaybreak` peut être suivi d'un paramètre numérique optionnel entre 0 et 4 (valeur par défaut qui force la coupure).

`\displaybreak` doit être placé juste avant `\\`.

```
\begin{gather}
a=b\displaybreak\\
c=d
\end{gather}
```

`\allowdisplaybreak` peut être placé dans le préambule et agit globalement.

`*` interdit la coupure de page après une ligne donnée.

3.2.23. Texte interligné entre des équations

La commande `\intertext` permet de mettre une ou deux lignes de texte entre des équations, *en préservant l'alignement* :

$$A_1 = N_0(\lambda; \Omega') - \phi(\lambda; \Omega'), \quad (40)$$

$$A_2 = \phi(\lambda; \Omega') - \phi(\lambda; \Omega), \quad (41)$$

et

$$A_3 = \mathcal{N}(\lambda; \omega). \quad (42)$$

```
\begin{align}
A_1&=N_0(\lambda;\Omega')-\phi(\lambda;\Omega'),\\
A_2&=\phi(\lambda;\Omega')-\phi(\lambda;\Omega),\\
\intertext{et}
A_3&=\mathcal{N}(\lambda;\omega).
\end{align}
```

3.2.24. Espacement

Abrév.	Nom complet	Exemple	Abrév.	Nom complet	Exemple
<code>\,</code>	<code>\thinspace</code>	$\text{J} \text{L}$	<code>\!</code>	<code>\negthinspace</code>	$\text{J} \text{L}$
<code>\:</code>	<code>\medspace</code>	$\text{J} \text{L}$		<code>\negmedspace</code>	$\text{J} \text{L}$
<code>\;</code>	<code>\thickspace</code>	$\text{J} \text{L}$		<code>\negthickspace</code>	$\text{J} \text{L}$
	<code>\quad</code>	$\text{J} \text{L}$			
	<code>\qquad</code>	$\text{J} \text{L}$			

Pour un contrôle très fin, utiliser `\mspace` avec des « math units ». Exemple : `\mspace{-18mu}`

3.3. Classes et *packages*

AMS- \LaTeX se compose de trois classes et de plusieurs *packages*.

3.3.1. Classes *amsart*, *amsbook* et *amsproc*

Ces classes chargent automatiquement le *package* *amsmath*.

3.3.2. *package amsmath*

Le *package* *amsmath* a plusieurs options :

- `intllimits` : cette option déplace les limites des intégrales depuis la droite vers « au-dessus et au-dessous » ;
- `nointllimits` (défaut) : cette option a l'effet inverse de la précédente ;
- `nosumlimits` : cette option déplace vers le côté la position des limites des sommes et autres opérateurs cumulatifs ;
- `sumlimits` (défaut) : cette option a l'effet inverse de la précédente ;
- `namelimits` (défaut) : cette option définit un *switch* de telle sorte que les indices inférieurs et supérieurs des noms d'opérateurs seront du côté droit plutôt qu'au-dessus et au-dessous, dans une *displayed equation* ;

- `nonamelimits` : cette option a l'effet inverse de la précédente ;
- `leqno`, `reqno` : ces options permettent de placer les numéros des équations à leur gauche ou à leur droite ;
- `tbtags` : cette option s'applique aux environnements `split` ; elle déplace le numéro de l'équation verticalement (*top-bottom tags*) par rapport à sa position par défaut ;
- `centertags` : cette option centre verticalement le numéro d'une équation dans l'environnement `split` ;
- `fleqn` : cette option place les équations à une distance constante de la marge et ne les centre donc pas.

Pour utiliser l'une de ces options, on écrira par exemple :

```
\usepackage[intlimits]{amsmath}
```

3.3.3. *package amscd*

Environnement CD pour des diagrammes commutatifs simples (pas de flèches diagonales).

$$\begin{array}{ccc} S^{\mathcal{W}_\Lambda} \otimes T & \xrightarrow{j} & T \\ \downarrow & & \downarrow \text{End } P \\ (S \otimes T)/I & \longequal{\quad} & (Z \otimes T)/J \end{array}$$

obtenu avec

```
\begin{CD}
S^{\{\mathcal{W}\}_\Lambda} \otimes T @>j>> T \\
@VVV @VV\text{End } P\VV \\
(S \otimes T)/I @= (Z \otimes T)/J
\end{CD}
```

Voir aussi xypic (de Kristoffer Rose) et d'autres *packages* (comme *diagrams* de Paul Taylor) pour des exemples plus complexes.

3.3.4. *package amsbsy*

Ce *package* définit les commandes `\boldsymbol` et `\pmb`.

$$A_\infty + \pi A_0 \sim \mathbf{A}_\infty + \pi \mathbf{A}_0 \sim \mathbf{A}_\infty + \pi \mathbf{A}_0 \quad (43)$$

```
A_\infty + \pi A_0
\sim \mathbf{A}_\infty \boldsymbol{+} \boldsymbol{\pi} \mathbf{A}_0
\sim \pmb{A}_\infty \pmb{+} \pmb{\pi} \pmb{A}_0
```

3.3.5. *package amsfonts*

Ce *package* définit les commandes de base pour utiliser les polices de l'AMS. De plus, il définit la commande `\mathfrak`.

3.3.6. *package amsopn*

Ce *package* donne accès à la commande `\DeclareMathOperator` qui permet de définir de nouveaux opérateurs comme `\sin`.

3.3.7. *package amsymb*

Ce *package* définit des noms des commandes pour les symboles des polices de l'AMS. Il charge automatiquement le *package* `amsfonts`.

Les tables de caractères de ces polices peuvent être trouvées sur le LN.

3.3.8. *package amstext*

Ce *package* fournit la commande `\text` pour insérer du texte dans une formule.

$$f_{[x_{i-1}, x_i]} \text{ is monotonic, } i = 1, \dots, c + 1 \quad (44)$$

```
f_{[x_{i-1}, x_i]} \text{ is monotonic, }  
\quad i = 1, \dots, c + 1
```

3.3.9. *package amsthm*

Environnement `proof` et extension de l'environnement `theorem` (analogue au *package* `theorem`).

```
\begin{proof}[Preuve]  
Ceci est la preuve, d'\elimit\`ee par le symbole CQFD.  
\end{proof}
```

donne :

Preuve. Ceci est la preuve, délimitée par le symbole CQFD. □

3.3.10. *package upref*

Imprime les références obtenues avec `\ref` toujours en romain.

4. Faire des calculs avec T_EX

4.1. *Package calc*

Ce *package* permet d'exprimer de manière naturelle les calculs courants de distance dans `\setlength`, etc.

4.2. *Package trig*

Ce *package* permet de calculer les lignes trigonométriques.

4.3. *Autres curiosités*

`pi.tex` : calcul de décimales de π ; sur CTAN.