

# Conférence $\text{\LaTeX}$ n° 10<sup>1</sup>

Courbes/surfaces de fonctions/données expérimentales avec `pgfplots`

Denis BITOUZÉ

[denis.bitouze@univ-littoral.fr](mailto:denis.bitouze@univ-littoral.fr)

<https://mt2e.univ-littoral.fr/Members/denis-bitouze/pub/latex>

Laboratoire de Mathématiques Pures et Appliquées Joseph Liouville

<https://lmpa.univ-littoral.fr/>

&

BUT Métiers de la Transition et de l'Efficacité Énergétiques de Dunkerque

<https://mt2e.univ-littoral.fr/>

Le présent cours L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X est :

- conçu pour des utilisateurs de tous niveaux :
  - débutant
  - intermédiaire
  - avancé
- émaillé de passages<sup>1</sup> de niveau plus avancé, alors signalés par des couleurs de fond spécifiques :

niveau intermédiaire : jaune pâle

niveau avancé : rouge pâle

# Plan

- 1 Système de coordonnées et unités
- 2 Première approche
- 3 Représentation graphique de fonctions
- 4 Représentation graphique de données
- 5 Exemple grandeur nature
- 6 Autres graphiques
- 7 Graphiques 3D
- 8 Divers
- 9 Configuration (semi-)globale

# Courbes/surfaces de fonctions/données

Nombreux packages, dont `pgfplots`

## Remarque

Nombreux **packages dédiés** à la **création** de **graphiques 2D ou 3D** :

- soit de **fonctions**
- soit de **données**, notamment **expérimentales**

On étudie ici `pgfplots`, un des plus :

- simples d'emploi
- puissants

# Courbes/surfaces de fonctions/données

Avec le package `pgfplots`

## Remarque

`pgfplots` s'appuie sur `pgf`, package dédié à la création de dessins<sup>1</sup>

Dans la suite, `pgfplots` supposé systématiquement chargé :

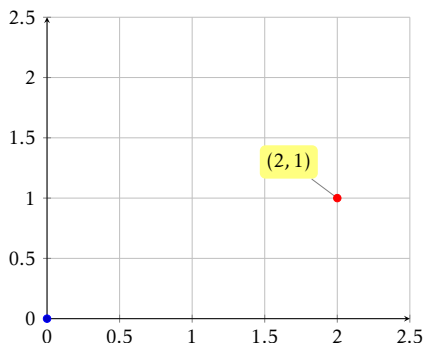
## Code source

```
\usepackage{pgfplots}
```

---

1. Au sens large

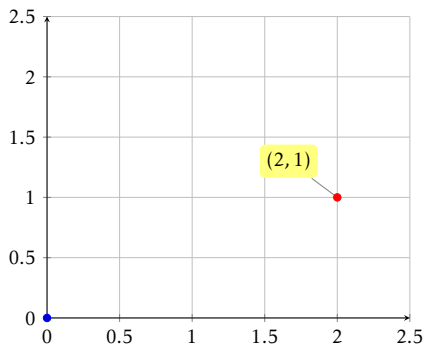
# Système de coordonnées



Système de coordonnées par défaut : système cartésien

- Origine : en bas à gauche
- Axe des abscisses : horizontal orienté de gauche à droite
- Axe des ordonnées : vertical orienté de bas en haut
- Chaque point : repéré par un couple de coordonnées  $(x, y)$

# Système de coordonnées



## Remarque

Unité par défaut : cm

Ainsi, point (2,1) : à 2 cm à droite et à 1 cm au-dessus de l'origine

# Création d'un graphique

Tout graphique est créé au moyen de 2 environnements :

- ① `tikzpicture`
- ② `axis`

emboîtés l'un dans l'autre

## Syntaxe

```
\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}
    <commande d'ajout de graphique>; % point-virgule !
  \end{axis}
\end{tikzpicture}
```

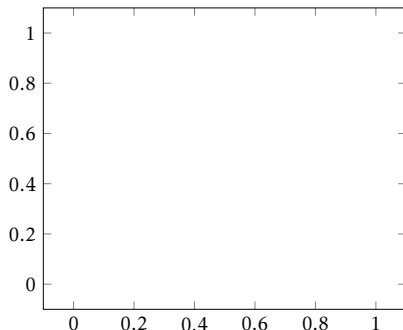
Attention!

Tout ajout de graphique doit se terminer par un point-virgule

# Création d'un graphique

## Code source

```
1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3   \end{axis}
4 \end{tikzpicture}
```



## Remarque

Absence de *commande d'ajout de graphique*

⇒ graphique obtenu : carré « vide » de côté  $1 \times 1$

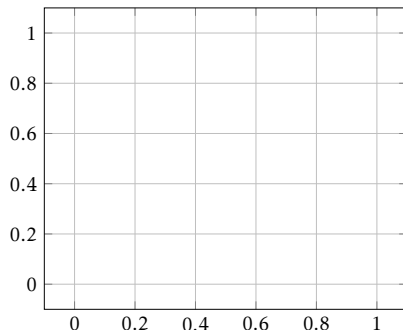
# Création d'un graphique

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[grid=major]
3   \end{axis}
4 \end{tikzpicture}

```



## Remarque

Absence de *commande d'ajout de graphique*

⇒ graphique obtenu : carré « vide » de côté  $1 \times 1$

1. Pas tout à fait carré et légèrement augmenté

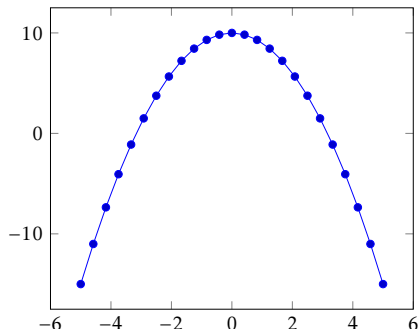
# Représentation graphique de fonctions

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     % Courbe d'éq.
4     %  $y = 10 - x^2$ 
5     \addplot {10-x^2};
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



## Remarque

Domaine des  $\begin{cases} \text{abscisses : } [-5, 5] \text{ par défaut} \\ \text{ordonnées : } \text{en conséquence} \end{cases}$

# Représentation graphique de fonctions

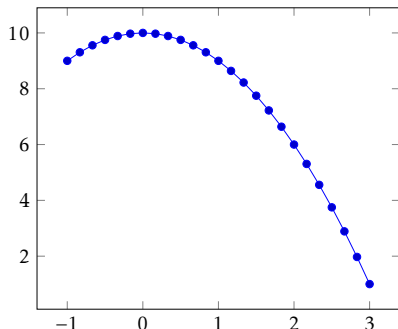
Intervalle pour les abscisses autre que par défaut

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[domain=-1:3]
3     % Courbe d'éq.
4     %  $y = 10 - x^2$ 
5     \addplot {10-x^2};
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



## Remarque

Domaine des  $\begin{cases} \text{abscisses : } [a, b]? \text{ Option } \text{domain}=a:b \text{ de } \text{axis} \\ \text{ordonnées : } \text{en conséquence} \end{cases}$

# Représentation graphique de fonctions

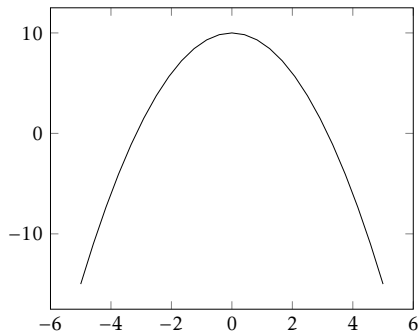
Sans marqueurs

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     % Courbe d'éq.
4     %  $y = 10 - x^2$ 
5     \addplot[
6       no markers
7     ] {10-x^2};
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}

```



# Représentation graphique de fonctions

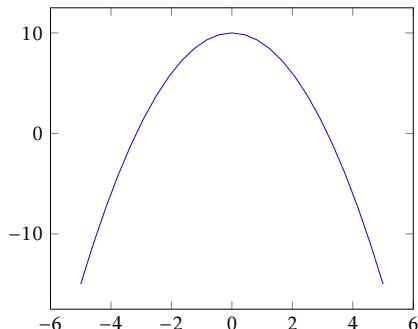
Sans marqueurs mais sans écraser les options par défaut

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     % Courbe d'éq.
4     %  $y = 10 - x^2$ 
5     \addplot+[
6       no markers
7     ] {10-x^2};
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}

```



# Représentation graphique de fonctions

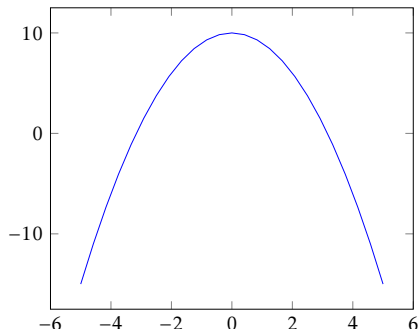
Sans marqueurs : option globale au graphique (plutôt au repère)

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[no markers]
3     % Courbe d'éq.
4     %  $y = 10 - x^2$ 
5     \addplot {10-x^2};
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



# Représentation graphique de fonctions

## Syntaxe

### Syntaxe (fonction d'1 variable)

```
\addplot [options] {expression mathématique} ;
\addplot+ [options] {expression mathématique} ;
```

Dans l'*expression mathématique*, on peut utiliser comme :

variable :  $x$

opérations :  $+$ ,  $-$ ,  $*$ ,  $/$

puissance :  $^$

relations :  $<$ ,  $>$

constantes :  $e$ ,  $\pi$

fonctions :  $\text{abs}$ ,  $\text{round}$ ,  $\text{floor}$ ,  $\text{mod}$ ,  $\text{max}$ ,  $\text{min}$ ,  $\text{sin}$ ,  $\text{cos}$ ,  $\text{tan}$ ,  $\text{deg}$ ,  $\text{rad}$ ,  $\text{atan}$ ,  
 $\text{asin}$ ,  $\text{acos}$ ,  $\text{cot}$ ,  $\text{sec}$ ,  $\text{cosec}$ ,  $\text{exp}$ ,  $\text{ln}$ ,  $\text{sqrt}$ ,  $\text{factorial}$ ,  $\text{rand}$ ,  $\text{rnd}$ ,  
 etc.

# Représentation graphique de fonctions

Fonctions trigonométriques : en degrés par défaut

Attention!

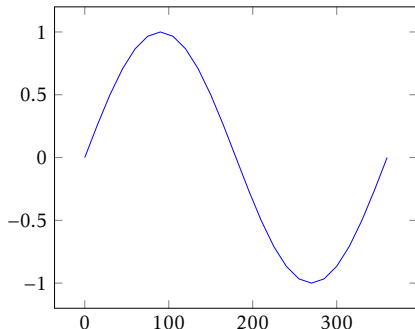
Les fonctions trigo. opèrent en **degrés** par défaut!

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     no markers,
4     domain=0:360    % degrés
5     %
6     %
7   ]
8     \addplot      {\sin(x)};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Représentation graphique de fonctions

Fonctions trigonométriques : en degrés par défaut, mais radians possibles

Attention!

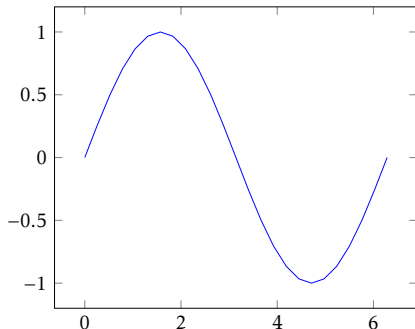
Les fonctions trigo. opèrent en **radians** si on le demande gentiment

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     no markers,
4     domain=0:2*pi, % radians
5     trig format plots=rad
6     %
7   ]
8     \addplot      {\sin(x)};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Représentation graphique de fonctions

Courbes plus lisses

## Remarque

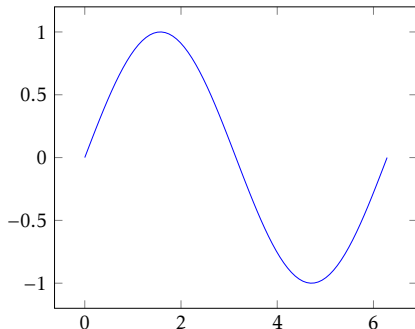
Par défaut, `samples=25`

### Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     no markers,
4     domain=0:2*pi, % radians
5     trig format plots=rad,
6     samples=80 % tps compil. ↑
7   ]
8     \addplot      {\sin(x)};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Représentation graphique de fonctions

Courbes plus lisses + changement de couleur du tracé

Attention!

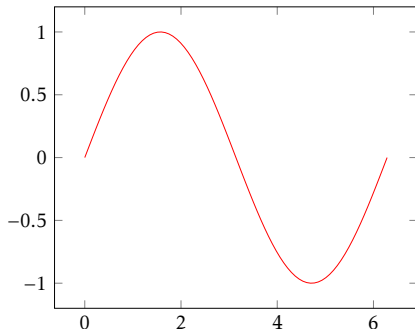
Couleur d'un tracé autre que par défaut  $\Rightarrow$  locale au tracé

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     no markers,
4     domain=0:2*pi, % radians
5     trig format plots=rad,
6     samples=80 % tps compil. ↑
7   ]
8     \addplot[red] {sin(x)};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Représentation graphique de fonctions

Axes avec graduations trigonométriques

## Remarque

Axes avec graduations trigonométriques : possibles<sup>1</sup>

---

1. Attention : code à adapter pour être fonctionnel avec la classe beamer!

# Représentation de données (expérimentales)

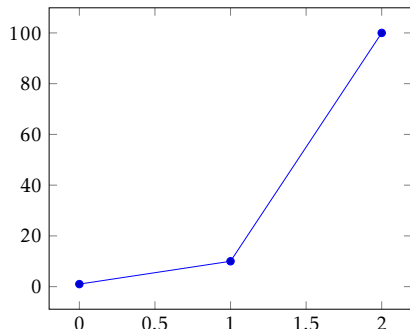
Lecture directe

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



## Remarque

Domaines des  $\left\{ \begin{array}{l} \text{abscisses} \\ \text{ordonnées} \end{array} \right\}$  : automatiquement adaptés aux données

# Représentation de données (expérimentales)

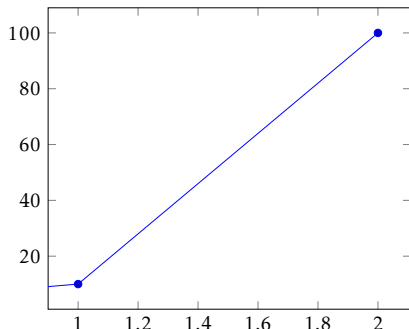
Lecture directe

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[xmin=0.9]
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



## Remarque

Domaines des  $\left\{ \begin{array}{l} \text{abscisses} \\ \text{ordonnées} \end{array} \right\}$  : adaptables ( $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ,  $y_{\min}$ ,  $y_{\max}$ )

# Représentation de données (expérimentales)

Lecture directe : syntaxe

Syntaxe (lecture directe des données)

```
\addplot coordinates {\<données>;
```

où les *<données>* sont à l'un des formats<sup>1</sup> suivants :

Syntaxe


$(x_1, y_1)$   $(x_2, y_2)$  ...

Syntaxe

$(x_1, y_1)$

$(x_2, y_2)$

...

1. Équivalents (espace  $\longleftrightarrow$   unique)

# Représentation de données (expérimentales)

Lecture *directe* versus à partir d'un fichier

## Remarque

Méthode `\addplot coordinates {⟨données⟩}` :

- sous-optimale
- car ⟨données⟩ stockées<sup>1</sup> dans le source `.tex`

## Attention!

Possible et *préférable*<sup>2</sup> : ⟨données⟩

stockées dans un ⟨fichier⟩ externe

importées depuis ce ⟨fichier⟩ externe par `pgfplots`

- 
1. La plupart du temps par « copié-collé »
  2. Sauf cas particuliers

# Représentation de données (expérimentales)

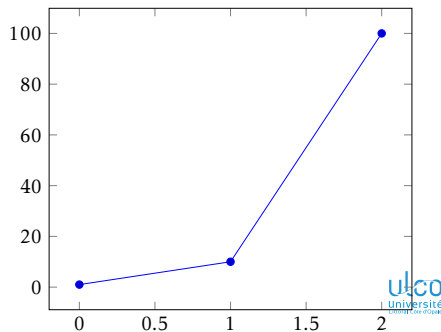
Lecture à partir d'un fichier

## Fichier externe (data1.dat)

```
0 1  
1 10  
2 100
```

## Code source

```
\begin{tikzpicture}  
  \begin{axis}  
    \addplot table  
      {data1.dat};  
  \end{axis}  
\end{tikzpicture}
```



# Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un fichier en exploitant les tableaux

La commande `\addplot table` permet plus que cela!

Attention!

`\addplot table` permet d'exploiter des données en « tableaux » avec :

- nombre arbitraire de colonnes
- choix arbitraire des colonnes représentées

Remarque

Similitude avec la procédure pour des graphiques dans les tableurs

# Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un tableau : exemple

## Fichier externe (data2.dat)

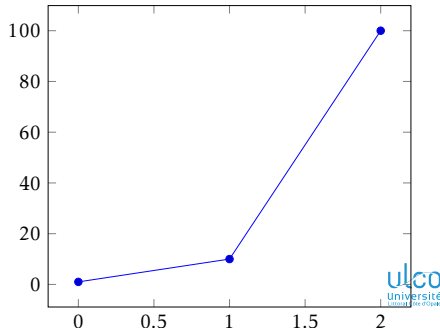
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot table[
4       x=Temps, y=Rep1
5     ]{data2.dat};
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



# Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un tableau : exemple

## Fichier externe (data2.dat)

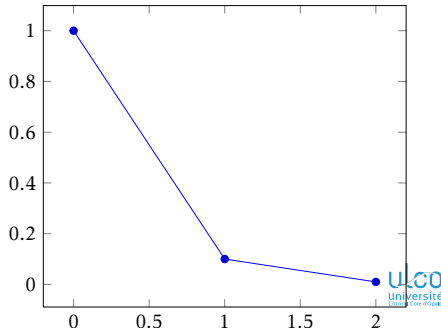
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot table[
4       x=Temps, y=Rep2
5     ]{data2.dat};
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



# Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un tableau : syntaxe

Syntaxe (lecture des données à partir d'un tableau)

```
\addplot table[x=<entêtei>,y=<entêtej>] {<fichier>;
```

où, dans <fichier>, les données doivent<sup>1</sup> être au format :

Syntaxe (format des données dans un fichier externe (tableau))

# ... (ligne optionnelle ignorée)

% ... (ligne optionnelle ignorée)

<entête <sub>1</sub> >	<entête <sub>2</sub> >	<entête <sub>3</sub> >	...
$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	...
$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	...
...			

1. Par défaut

# Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un tableau : syntaxe

Attention!

Séparateur de colonnes : espace(s)<sup>1 2</sup>

⇒ Entêtes de colonnes : obligatoirement sans ~~espace~~

Attention (enfonçage de clou)!

Espace dans entête de colonne ⇒ erreur de compilation

P. ex. entêtes nommées :

- Rep1 et Rep2
- pas ~~Rep 1~~ ni ~~Rep 2~~

- 
1. Un ou plusieurs, consécutifs
  2. Par défaut, cf. + loin

# Transparents de niveau intermédiaire

Séquence du ou des quelques transparents suivants :

- de niveau intermédiaire, un peu plus élevé
- traite de détails omissibles en 1<sup>re</sup> approche
- peut, sur chacun d'eux, être :

passée au moyen du bouton »

réentamée au moyen du bouton «

## Remarque

Présent transparent : ~~pas répété~~ avant la ou les prochaines séquences de transparents de niveau intermédiaire (signalés par leur fond de couleur jaune pâle)

# Représentation de données (expérimentales)

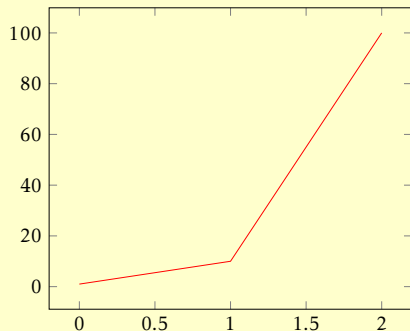
## Options du tracé

### Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[no markers]
3     \addplot[red] table[
4       x=Temps,y=Rep1
5       ]{data2.dat};
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



### Attention!

$\langle options \rangle$  à passer à un tracé `\addplot` `table[x=...,y=...]` ?  
 $\Rightarrow$  `\addplot[ $\langle options \rangle$ ]` `table[x=...,y=...]`  
 pas ~~`\addplot` `table[x=...,y=..., $\langle options \rangle$ ]` ?~~

# Étiquettes d'axes

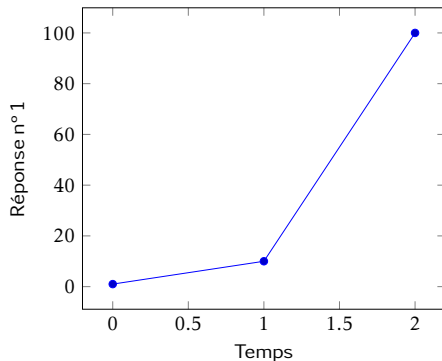
Options `xlabel` et `ylabel` de l'environnement `axis`

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     xlabel=Temps,
4     ylabel=Réponse \no1
5   ]
6     \addplot table[
7       x=Temps,y=Rep1
8     ]{data2.dat};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Fonctionnalités de TeXstudio

## Insertion de graphiques

### Remarque

Dans les **menus** ou **boutons** de TeXstudio : **rien** concernant **pgfplots**

Mais...

### Attention!

Auto-complétion puissante pour les **environnements** et **commandes** :

- **L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X** en général
- **pgfplots** en particulier<sup>1</sup>

---

1. Pour les fonctionnalités de base du moins

# Fonctionnalités de TeXstudio


Insertion de graphiques – exemple (minimum souhaité)


Code source (pour graphique (données expér.) : minimum souhaité)

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[xlabel=...,ylabel=...]
3     \addplot table[x=...,y=...] {...};
4   \end{axis}
5 \end{tikzpicture}
  
```

Pour obtenir un tel code, il suffit de :

saisir : \be +  + ti

presser : ①  jusqu'à : \begin{tikzpicture}% table

② 

# Fonctionnalités de TeXstudio

Insertion de graphiques – exemple (obtenu)

Code source (pour graphique (données expér./tableau) : obtenu)

```

1 \begin{tikzpicture}% table
2   \begin{axis}[xlabel=x axis label,ylabel=y axis label]
3     \addplot table[x=column header,y=column header] {file};
4   \end{axis}
5 \end{tikzpicture}
  
```

Ici, éléments encadrés = « paramètres substituables »<sup>1</sup>

1. Ou « bouche-trous ». En anglais, « *placeholders* »

# Fonctionnalités de TeXstudio

## Insertion de graphiques – suite (paramètres substituables)

### Définition

Dans TeXstudio, les **paramètres substituables** sont des éléments :

signalés par des boîtes les encadrant

atteignables par Ctrl + → ou Ctrl + ←<sup>1</sup> successifs

remplaçables<sup>2</sup> par ce qui est souhaité *directement*<sup>3</sup>

- 
1. Au moins sur PC
  2. Une fois atteints, le fond de leur boîte étant alors colorée en cyan
  3. Sans nécessité d'être préalablement effacés

# Représentation de données (expérimentales)

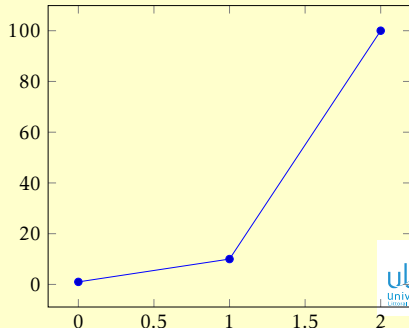
Lecture à partir d'un tableau : autres séparateurs de colonnes que l'espace

## Fichier externe (data3.dat)

```
1 Temps,Rep1,Rep2
2 0,1,1
3 1,10,0.1
4 2,100,0.01
```

## Code source (sép. = virgule)

```
1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot table[
4       x=Temps,y=Rep1,
5       col sep=comma
6     ]{data3.dat};
7   \end{axis}
8 \end{tikzpicture}
```



# Transparents de niveau avancé

Séquence du ou des quelques transparents suivants :

- de niveau avancé, significativement plus élevé
- traite de détails omissibles en 1<sup>re</sup> approche
- peut, sur chacun d'eux, être :

passée au moyen du bouton »

réentamée au moyen du bouton «

## Remarque

Présent transparent : ~~pas répété~~ avant la ou les prochaines séquences de transparents de niveau avancé (signalés par leur fond de couleur rouge pâle)

# Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un tableau : transformations à la volée sur les données

## Fichier externe (data2.dat)

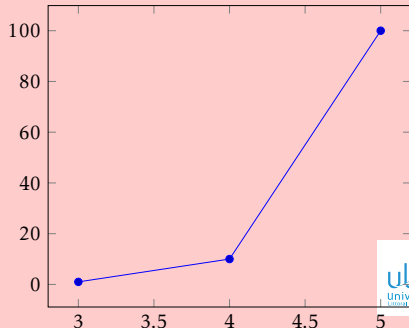
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

## Code source ( $x \mapsto x + 3$ )

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot table[%
4       x expr = \thisrow{Temps}+3,
5       y = Rep1
6     ]{data2.dat};
7   \end{axis}
8 \end{tikzpicture}

```



# Données stockées dans un tableur








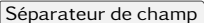

Données stockées dans un tableur à représenter? Procédure :

- simple
- rapide
- efficace
- valable pour LibreOffice
- adaptable<sup>1</sup> à tout tableur

# Données stockées dans un tableur : procédure

## Côté tableur

Dans LibreOffice, enregistrement du fichier au format CSV :

- ① ouverture du fichier contenant les données
- ②
  - ①  Enregistrer sous (  +  +  )
  - ② (si nécessaire) sélection du dossier adéquat
  - ③  Texte CSV (.csv)
  - ④ contrôle de l'extension du nom du fichier à enregistrer<sup>1</sup> (nécess<sup>t</sup> ≠ .ods)
  - ⑤ 
  - ⑥ 
  - ⑦  {espace}
  - ⑧ 

---

1. P. ex. .csv

# Données stockées dans un tableur : procédure

Côté TeXstudio

Dans TeXstudio, création d'un fichier .tex pour visualiser ces données :

- 1 Fichier » Nouveau à partir d'un modèle » Article (French)
- 2 chargement du package `pgfplots` (`\usepackage{pgfplots}`)
- 3 insertion de :

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot table[
4       x=...,
5       y=...,
6       % /pgf/number format/read comma as period % Cf. transparent suivant
7     ] {... .CSV};
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}

```

- 4 enregistrement de ce fichier (`Ctrl` + `S`) sous un nom au choix
- 5 compilation (`F5`)

# Données stockées dans un tableur : procédure

Séparateur décimal : virgule vs point

## Attention!

Dans le fichier .csv, séparateur décimal = virgule

⇔ /pgf/number format/read comma as period : à ajouter

⇒ soit compilateur ~~≠ lua<sub>l</sub>atex~~

soit compilateur = lua<sub>l</sub>atex mais option lua backend=false<sup>1</sup>

1. Cf. + loin comment passer des options à pgfplots

# Données stockées dans un tableur : pas idéal!

Attention!

Données stockées dans un tableur : rarement la solution ~~idéale~~!

Mieux : pour des données expérimentales obtenues par des programmes informatiques : C, C++, Python, Java, etc.  
logiciels de calcul : SciLab, MATLAB®, etc.

logiciels d'acquisition de données : ...

les faire exporter dans un fichier (de texte brut) externe

Remarque

Format d'export de ces outils souvent :

- accepté par pgfplots :
  - lignes de commentaire débutant par # ou %
  - données en colonnes, séparées par des espaces/tabulations
- paramétrable (si nécessaire)

# Graphique de départ

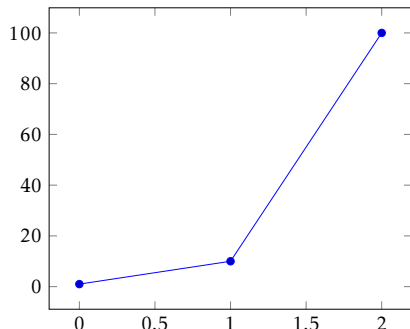
(Sans option)

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



# Graphique de départ → nuages de points

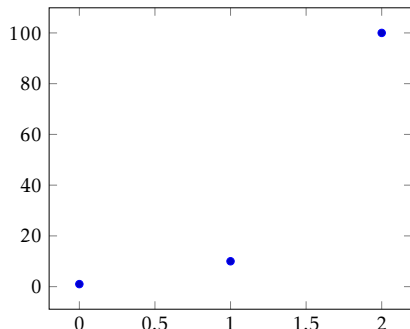
Option only marks

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[only marks]
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



# Graphique de départ → diagrammes en rectangles

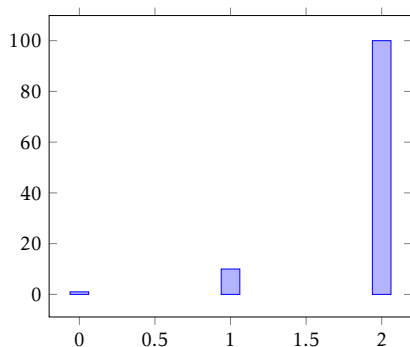
Option `ybar`

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[ybar]
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



## Attention!

- Diagrammes en rectangles  $\neq$  histogrammes
- « Vrais » histogrammes possibles (cf. option `hist`)

# Graphique de départ

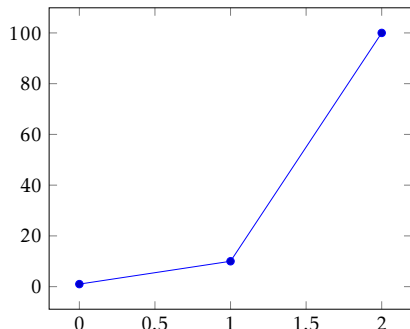
(Sans option)

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6   \end{axis}
7 \end{tikzpicture}

```



Question : relation entre ordonnées et abscisses de ces points ?

# Graphique de départ → échelle (semi-)logarithmique

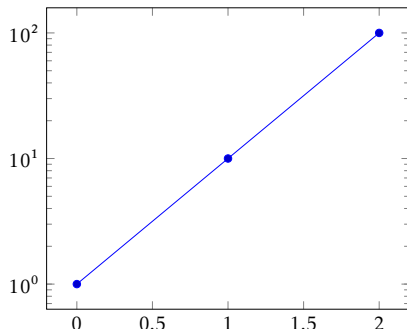
Environnement axis → semilogxaxis, semilogyaxis ou loglogaxis

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{semilogyaxis}
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6   \end{semilogyaxis}
7 \end{tikzpicture}

```



## Remarque

Échelles logarithmiques possibles, selon les  $x$ , les  $y$  ou les 2 à la fois :  
 axis → semilogxaxis, semilogyaxis ou loglogaxis

# Graphiques 3D

## Syntaxe

### Syntaxe (fonction de 2 variables)

```
\addplot3          {\langle expression mathématique \rangle1} ;
```

### Syntaxe (données tri-dimensionnelles)

```
\addplot3 coordinates {\langle données \rangle} ;
```

```
\addplot3 table      {\langle données \rangle} ;
```

---

1. Les variables à utiliser sont x et y

# Graphiques 3D : représentation de surface

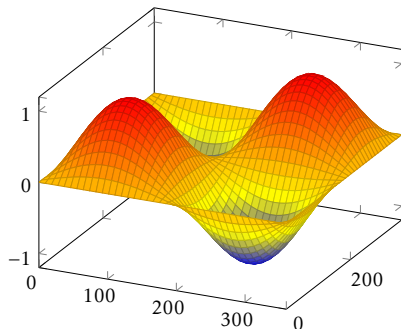
Fonction de 2 variables

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot3[
4       surf,
5       domain=0:360,
6       samples=40
7     ]
8     {\sin(x)*\sin(y)};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Graphiques 3D : représentation de surface

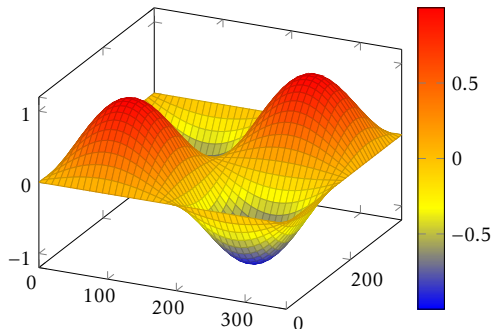
Fonction de 2 variables (bis)

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[colorbar]
3     \addplot3[
4       surf,
5       domain=0:360,
6       samples=40
7     ]
8     {\sin(x)*\sin(y)};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Graphiques 3D : représentation de courbes/surface

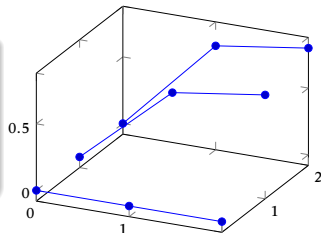
Données sous forme de matrice (pour le maillage) : lignes vides

## Fichier externe (Fichier externe (3d.dat))

0	0	0
1	0	0
2	0	0
0	1	0
1	1	0.6
2	1	0.7
0	2	0
1	2	0.7
2	2	0.8

## Code source (courbes 3D multiples)

```
\begin{tikzpicture}\begin{axis}
\addplot3      table {3d.dat};
\end{axis}\end{tikzpicture}
```



# Graphiques 3D : représentation de courbes/surface

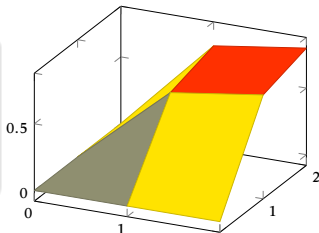
Données sous forme de matrice (pour le maillage) : lignes vides

## Fichier externe (Fichier externe (3d.dat))

0	0	0
1	0	0
2	0	0
0	1	0
1	1	0.6
2	1	0.7
0	2	0
1	2	0.7
2	2	0.8

## Code source (surface)

```
\begin{tikzpicture}\begin{axis}
\addplot3[surf] table {3d.dat};
\end{axis}\end{tikzpicture}
```



# Graphiques 3D : représentation de courbes

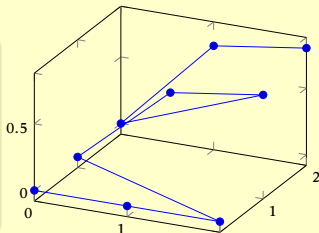
Données pas sous forme de matrice (pas de maillage) : en général non souhaité

Fichier externe (Fichier externe (3d-bis.dat) sans lignes vides)

```
0      0      0
1      0      0
2      0      0
# commentaire : ligne non vide
0      1      0
1      1      0.6
2      1      0.7
# commentaire : ligne non vide
0      2      0
1      2      0.7
2      2      0.8
```

Code source (courbe 3D unique)

```
\begin{tikzpicture}\begin{axis}
\addplot3      table {3d-bis.dat}
      ;
\end{axis}\end{tikzpicture}
```



# Graphiques 3D : représentation de **surface**

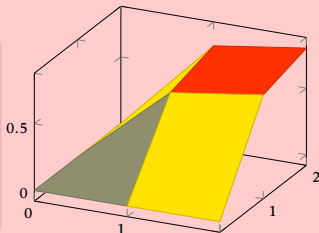
Données sous forme de matrice (~~pas de~~ maillage) : en général ~~pas~~ souhaité

Fichier externe (Fichier externe (3d-bis.dat) **sans** lignes vides)

```
0      0      0
1      0      0
2      0      0
# commentaire : ligne non vide
0      1      0
1      1      0.6
2      1      0.7
# commentaire : ligne non vide
0      2      0
1      2      0.7
2      2      0.8
```

Code source (surface)

```
\begin{tikzpicture}\begin{axis}
\addplot3[surf,mesh/rows=3]table
{3d-bis.dat};
\end{axis}\end{tikzpicture}
```



# Graphiques avec incertitudes ou métadonnées

Chaque point représenté peut avoir 2 « données » supplémentaires<sup>1</sup> :  
indication d'incertitude<sup>2</sup> : pour des graphiques avec barres d'erreur  
métadonnée<sup>3</sup> : p. ex. pour application de styles<sup>4</sup> variés

## Remarque

Ceci n'est pas traité dans ce cours

- 
1. En plus de ses coordonnées
  2. Cf. `+-`, `+=`, `--`
  3. Cf. `point meta`
  4. P. ex. des couleurs

# Changement d'échelle

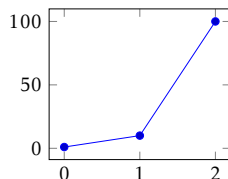
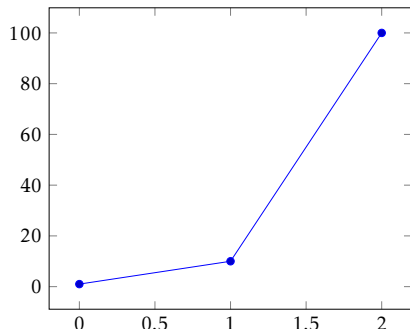
Option `scale=<facteur>` ou styles prédéfinis

## Code source

```

1 \NewDocumentCommand{\myplot}{}{}{%
2   \addplot coordinates {
3     (0,1) (1,10) (2,100) };
4 }
5 \begin{tikzpicture}
6   \begin{axis}
7     \myplot
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}
10 %
11 \begin{tikzpicture}
12   \begin{axis}[scale=0.5]
13     \myplot
14   \end{axis}
15 \end{tikzpicture}

```



# Changement d'échelle

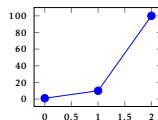
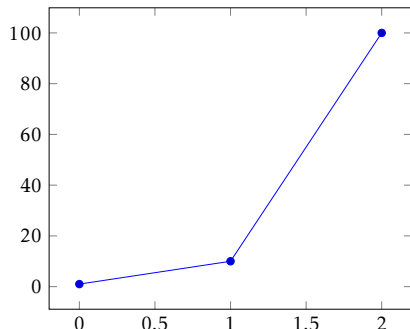
Option `scale=<facteur>` ou styles prédéfinis

## Code source

```

1 \NewDocumentCommand{\myplot}{}{}{%
2   \addplot coordinates {
3     (0,1) (1,10) (2,100) };
4 }
5 \begin{tikzpicture}
6   \begin{axis}
7     \myplot
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}
10 %
11 \begin{tikzpicture}
12   \begin{axis}[tiny]
13     \myplot
14   \end{axis}
15 \end{tikzpicture}

```



# Courbes lissées

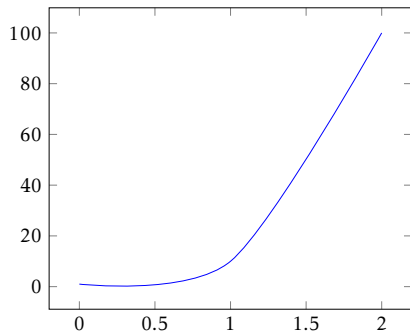
Option smooth (ajoutée aux options par défaut)

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[no markers]
3     \addplot+[smooth]
4       coordinates {
5         (0,1) (1,10) (2,100)
6       };
7   \end{axis}
8 \end{tikzpicture}

```



# Axes (presque) classiques

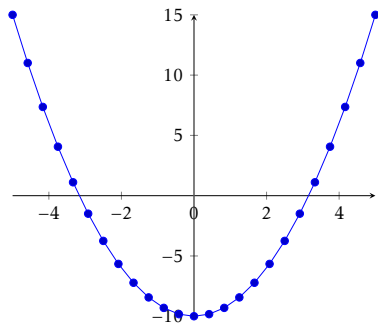
Options axis lines ... et extra x ticks

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     axis lines=center,
4     extra x ticks=0
5   ]
6     % Courbe d'éq.
7     %  $y = x^2 - 10$ 
8     \addplot {x^2-10};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



## Remarque

Il y a moyen de mieux placer le zéro (cf. [plus loin](#))

# Graphiques multiples

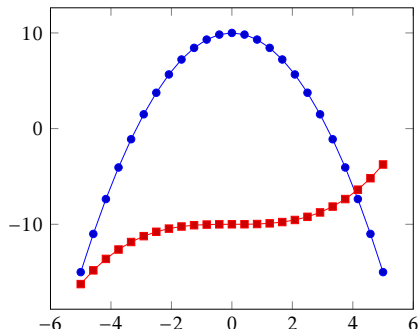
## Fonctions

### Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     % Courbe d'éq.
4     %  $y = 10 - x^2$ 
5     \addplot {10-x^2};
6     % Courbe d'éq.
7     %  $y = x^3/20 - 10$ 
8     \addplot {x^3/20-10};
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Graphiques multiples

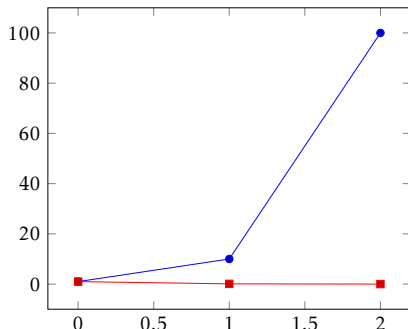
Données expérimentales

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6     \addplot coordinates {
7       (0,1) (1,0.1) (2,0.01)
8     };
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Graphiques multiples

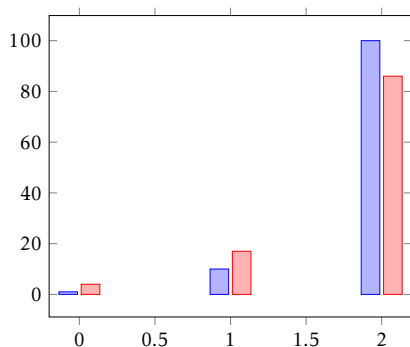
Données expérimentales en diagrammes en rectangles

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[ybar]
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,10) (2,100)
5     };
6     \addplot coordinates {
7       (0,4) (1,17) (2,86)
8     };
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Valeurs affichées sur le graphique

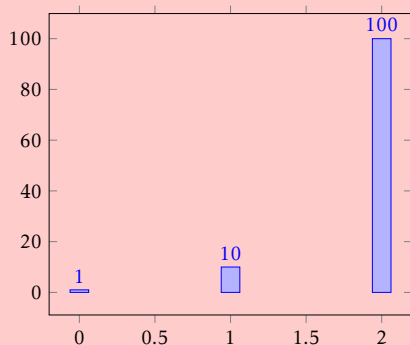
Exemple (diagrammes en rectangles)

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[ybar,
3     nodes near coords,
4     nodes near coords align
5     ={vertical}]
6     \addplot coordinates {
7       (0,1) (1,10) (2,100)
8     };
9   \end{axis}
10 \end{tikzpicture}

```



# Valeurs affichées sur le graphique

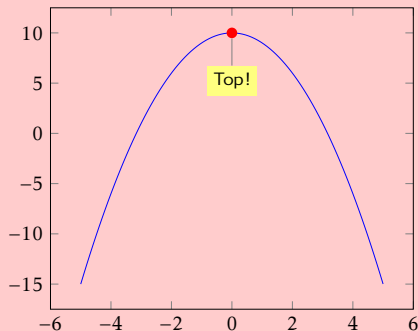
Exemple (fonction)

## Code source

```

1 \tikzset{
2   every pin/.style={
3     fill=yellow!50!white,rectangle,font=\small
4   },
5   dot/.style={
6     circle,fill=#1,inner sep=0pt,minimum size=2mm,
7   },
8   dot/.default=black
9 }
10 \begin{tikzpicture}
11 \begin{axis}[no markers]
12   \addplot+[samples=100] {10-x^2};
13   \node [dot=red,pin=below:Top!]
14     at (axis cs:0,10) {};
15 \end{axis}
16 \end{tikzpicture}

```



# Légende

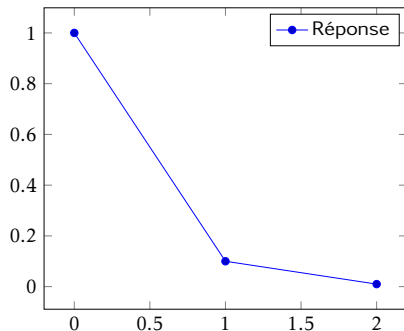
Commande `\legend` (entre autres)

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       (0,1) (1,0.1) (2,0.01)
5     };
6     \legend{Réponse}
7   \end{axis}
8 \end{tikzpicture}

```



# Légendes et graphiques multiples

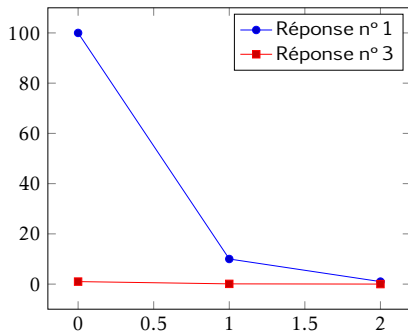
Commande `\legend` (entre autres) : occurrence **unique**

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       (0,100) (1,10) (2,1)
5     };
6     \addplot coordinates {
7       (0,1) (1,0.1) (2,0.01)
8     };
9     \legend{Réponse \no1,Réponse \no3}
10  \end{axis}
11 \end{tikzpicture}

```



Attention!

- `\addplot` : occurrences **multiples**
- `\legend` : occurrence **unique**

# Légendes et graphiques multiples

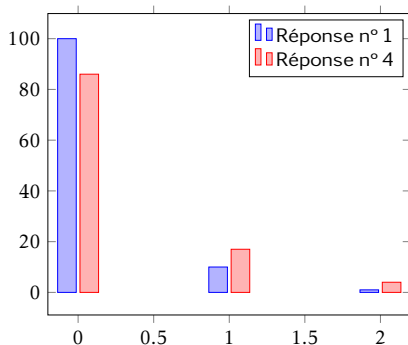
Commande `\legend` (entre autres) : occurrence **unique**

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[ybar]
3     \addplot coordinates {
4       (0,100) (1,10) (2,1)
5     };
6     \addplot coordinates {
7       (0,86) (1,17) (2,4)
8     };
9     \legend{Réponse \no1,Réponse \no4}
10  \end{axis}
11 \end{tikzpicture}

```



Attention!

- `\addplot` : occurrences **multiples**
- `\legend` : occurrence **unique**

# Titre

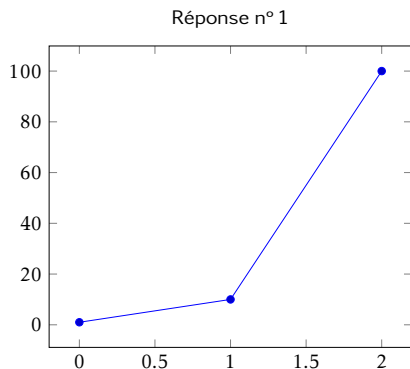
Option title

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     title=Réponse \no1
4   ]
5     \addplot coordinates {
6       (0,1) (1,10) (2,100)
7     };
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}

```



Attention!

Bien mieux : faire flotter le graphique. Ainsi : emplacement optimisé, légende possible (`\caption`), listage possible (`\listoffigures`)

# Titre

Mieux : image flottante

## Code source

```

1 \begin{figure}[ht]
2   \centering
3   \begin{tikzpicture}
4     \begin{axis}
5       \addplot coordinates {
6         (0,1) (1,10) (2,100)
7       };
8     \end{axis}
9   \end{tikzpicture}
10  \caption{Réponse \no1}
11  \label{rep1}
12 \end{figure}

```

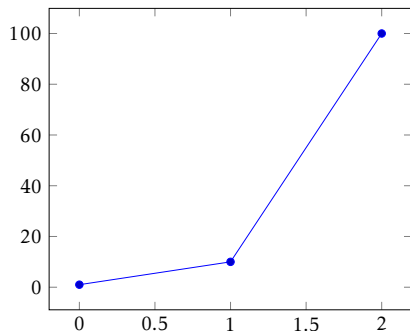


Figure 1 : Réponse n° 1

# Configuration (semi-)globale

Réglages (semi-)globaux possibles au moyen de :

## Syntaxe

```
\pgfplotsset{⟨réglages⟩}
```

# Réglage de compatibilité

**pgfplots** évolue :

- significativement
- parfois de façon non rétro-compatible

**Attention !**

Pour :

- bénéficier de toutes les fonctionnalités de<sup>1</sup> **pgfplots**
- assurer la compatibilité ascendante du document

effectuer systématiquement au moins le réglage suivant<sup>2</sup>

## Code source

```
\pgfplotsset{compat = 1.18}
```

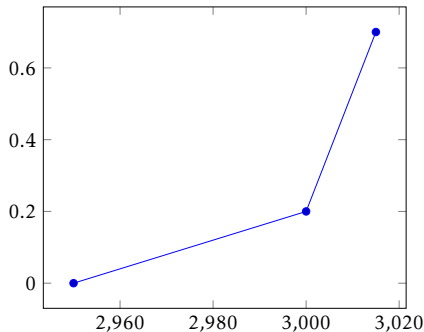
1. ... la version installée de...
2. Remplacer **1.18** par la version en cours (cf. documentation)

# Séparateurs décimal et de milliers

## Code source

```
%
%
%
%
%
%
%
```

```
1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       ( 2950,0)
5       ( 3000,0.2)
6       ( 3015,0.7)
7     };
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}
```

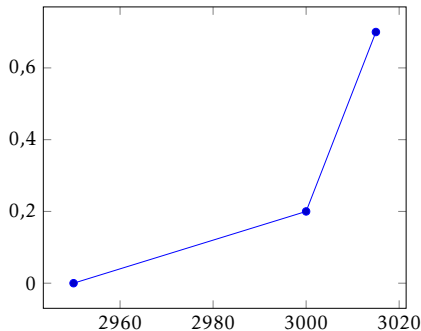


# Séparateurs décimal et de milliers à la française

## Code source

```
\pgfplotsset{%
  %
  /pgf/number format/.cd,
  use comma,
  1000 sep = {\,},
  min exponent for 1000 sep = 4
}
```

```
1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       ( 2950,0)
5       ( 3000,0.2)
6       ( 3015,0.7)
7     };
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}
```

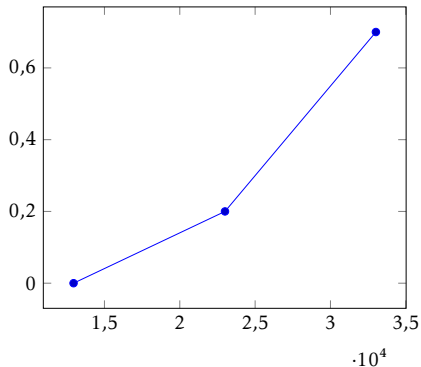


# Séparateurs décimal et de milliers à la française

## Code source

```
\pgfplotsset{%
  %
  /pgf/number format/.cd,
  use comma,
  1000 sep = {\,},
  min exponent for 1000 sep = 4
}
```

```
1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       (12950,0)
5       (23000,0.2)
6       (33015,0.7)
7     };
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}
```

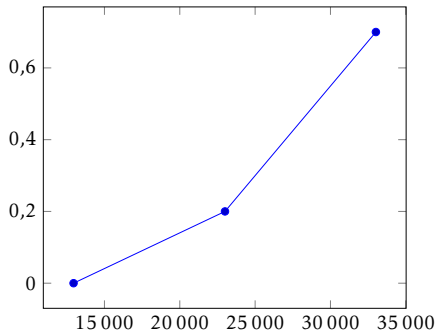


# Séparateurs décimal et de milliers à la française

## Code source

```
\pgfplotsset{%
  scaled ticks=false,
  /pgf/number format/.cd,
  use comma,
  1000 sep = {\,},
  min exponent for 1000 sep = 4
}
```

```
1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot coordinates {
4       (12950,0)
5       (23000,0.2)
6       (33015,0.7)
7     };
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}
```



# Légende(s)

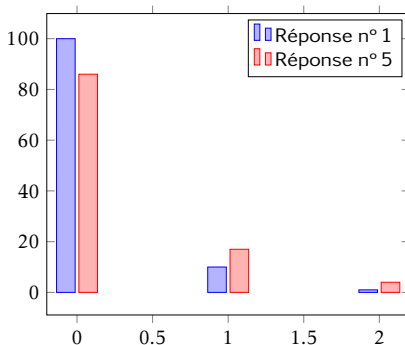
Position parfois convenable

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     ybar,
4     %
5   ]
6   \addplot coordinates {
7     (0,100) (1,10) (2,1)
8   };
9   \addplot coordinates {
10    (0,86) (1,17) (2,4)
11  };
12  \legend{Réponse \no1,Réponse \no5}
13  \end{axis}
14 \end{tikzpicture}

```



# Légende(s)

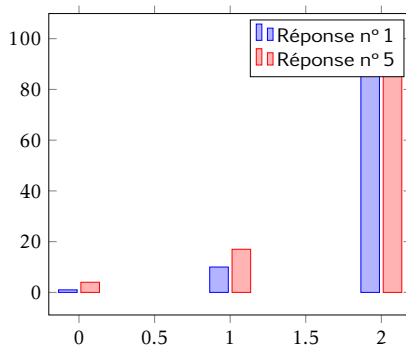
Position parfois pas ~~convenable~~...

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     ybar,
4     %
5   ]
6   \addplot coordinates {
7     (0,1) (1,10) (2,100)
8   };
9   \addplot coordinates {
10    (0,4) (1,17) (2,86)
11  };
12  \legend{Réponse \no1,Réponse \no5}
13  \end{axis}
14 \end{tikzpicture}

```



# Légende(s)

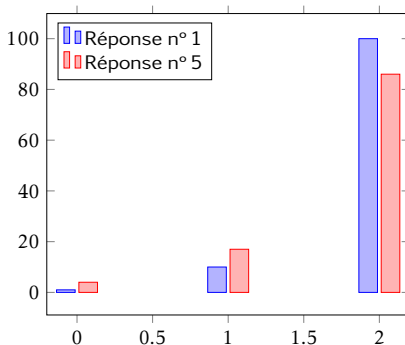
Position parfois pas ~~convenable~~... mais modifiable

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     ybar,
4     legend pos=north west
5   ]
6     \addplot coordinates {
7       (0,1) (1,10) (2,100)
8     };
9     \addplot coordinates {
10      (0,4) (1,17) (2,86)
11    };
12    \legend{Réponse \no1,Réponse \no5}
13  \end{axis}
14 \end{tikzpicture}

```



# Légende(s)

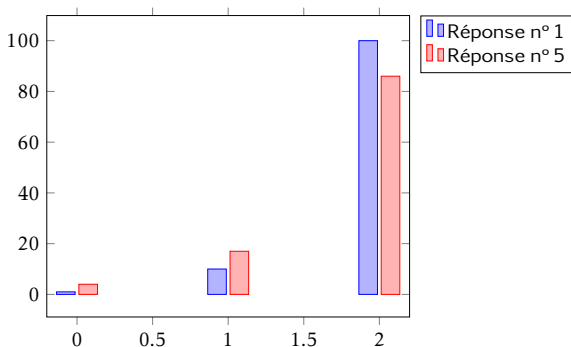
Position parfois gênante... **mais modifiable**, même hors du cadre

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     ybar,
4     legend pos=outer north east,
5   ]
6     \addplot coordinates {
7       (0,1) (1,10) (2,100)
8     };
9     \addplot coordinates {
10      (0,4) (1,17) (2,86)
11    };
12    \legend{Réponse \no1,Réponse \no5}
13  \end{axis}
14 \end{tikzpicture}

```



# Légende(s)

Autres positions hors du cadre ?

Attention !

Légendes positionnées hors du cadre :

- au « nord-est » : seule position qui soit prédéfinie<sup>1</sup>
- ailleurs<sup>2</sup> faisable mais  $\Rightarrow$  mains dans le cambouis

Voyons comment procéder...

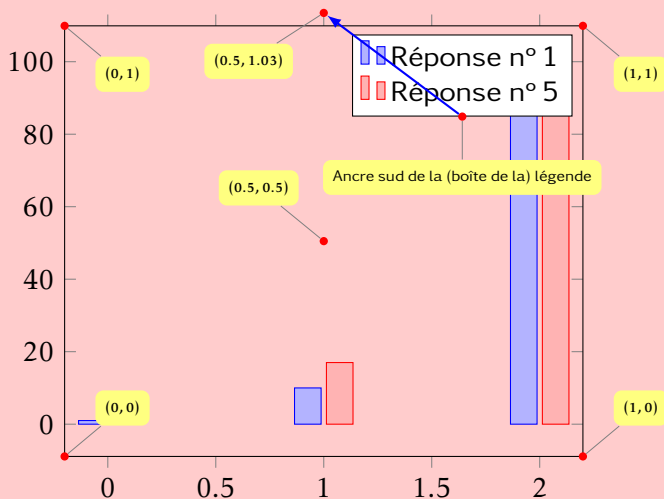
---

1. Option `outer north east`

2. P. ex. « au-dessus »

# Légende(s)

Autres positions hors du cadre ? Oui, manuellement



# Légende(s)

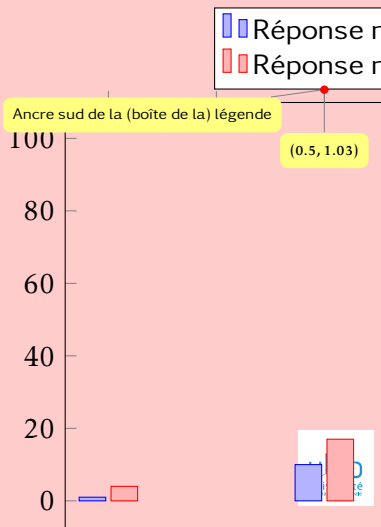
Autres positions hors du cadre? Oui, manuellement

## Code source

```

1 \pgfplotsset{%
2   every axis legend/.append style = {%
3     anchor = south,%
4     at = {(0.5,1.03)}%
5   }%
6 }
7 \begin{tikzpicture}
8   \begin{axis}[ybar]
9     \addplot coordinates {
10      (0,1) (1,10) (2,100)
11    };
12    \addplot coordinates {
13      (0,4) (1,17) (2,86)
14    };
15    \legend{Réponse \no1,Réponse \no5}
16  \end{axis}
17 \end{tikzpicture}

```



# Légende(s)

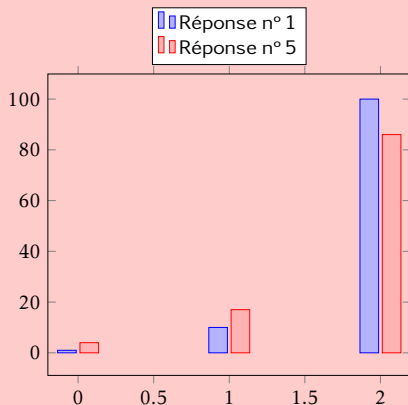
Autres positions hors du cadre ? Oui, manuellement

## Code source

```

1 \pgfplotsset{%
2   every axis legend/.append style ={%
3     anchor = south,%
4     at = {(0.5,1.03)}%
5   }%
6 }
7 \begin{tikzpicture}
8   \begin{axis}[ybar]
9     \addplot coordinates {
10      (0,1) (1,10) (2,100)
11    };
12    \addplot coordinates {
13      (0,4) (1,17) (2,86)
14    };
15    \legend{Réponse \no1,Réponse \no5}
16  \end{axis}
17 \end{tikzpicture}

```



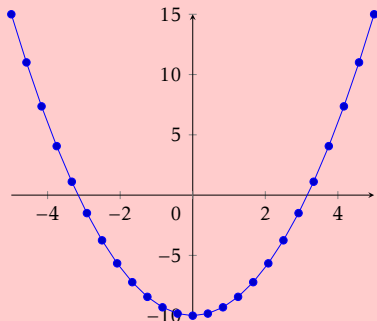
# Axes classiques : position de l'étiquette « 0 » ?

## Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     axis lines=center,
4     extra x ticks=0,
5     extra x tick style={
6       tick label style={
7         anchor=north east,
8         xshift=-.5*\pgfkeysvalueof{%
9           /pgfplots/major tick length%
10        },
11      },
12    },
13  ]
14
15    % Courbe d'éq.  $y = x^2 - 10$ 
16    \addplot {x^2-10};
17  \end{axis}
18 \end{tikzpicture}

```



# Axes classiques : autre solution ?

## Attention!

Pour **représenter** graphiquement des **fonctions** :

- d'une variable
- selon les **canons français**<sup>1</sup>

cf. aussi packages :

- **tkz-fct**
- **tikz**<sup>2</sup>

---

1. En ce qui concerne notamment les axes

2. Dans la documentation, partie « Data Visualization », option **school book axes**

# Pour aller plus loin avec **pgfplots**

Bien d'autres :


- fonctionnalités
- possibilités de personnalisation

n'ont pas pu être abordées. On pourra consulter notamment :

- « *Comment faire de beaux graphiques avec Tikz et PGFPLOTS* »<sup>1</sup>
- plusieurs *réalisations faites au moyen de pgfplots*
- la documentation du package :

en ligne de commande : `texdoc pgfplots`

dans TeXstudio :

- 1 Aide
- 2 Saisir « pgfplots »
- 3 Presser la touche 

---

1. Sur le site « *Les fiches de Bébert* »

# Pour aller plus loin

Moins simple d'emploi mais plus puissant : package `tikz` pour les courbes et graphiques : dans la doc., partie « Data Visualization »  
le reste : dans la doc., le reste ( $\simeq 1320$  pages)