

Conférence L^AT_EX n° 10¹

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

Denis BITOUZÉ

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^AT_EX est :

- conçu pour des utilisateurs de tous niveaux :
 - débutant
 - intermédiaire
 - avancé
- émaillé de passages¹ de niveau plus avancé, alors signalés par des couleurs de fond spécifiques :
 - niveau intermédiaire : jaune pâle
 - niveau avancé : rouge pâle

1. Parfois sur plusieurs transparents consécutifs

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 ¹

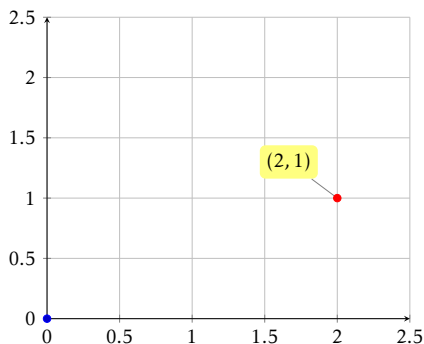
Dans la suite, `pgfplots` supposé systématiquement chargé :

Code source

```
\usepackage{pgfplots}
```

1. Au sens large

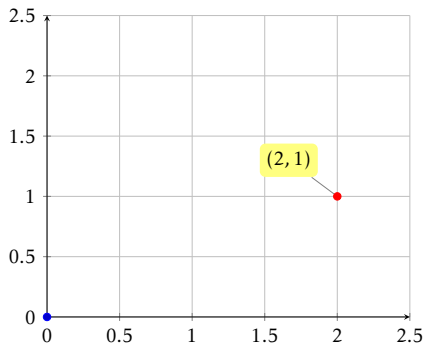
Système de coordonnées



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}
```

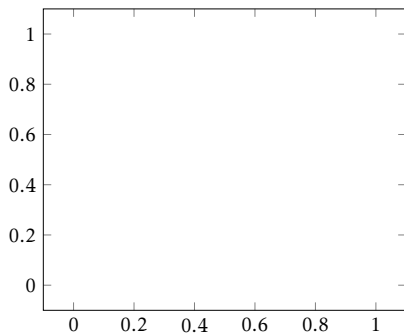
Attention!

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 1×1

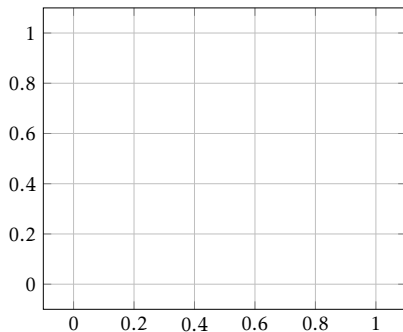
Création d'un graphique

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 1×1 ¹

1. Pas tout à fait carré et légèrement augmenté

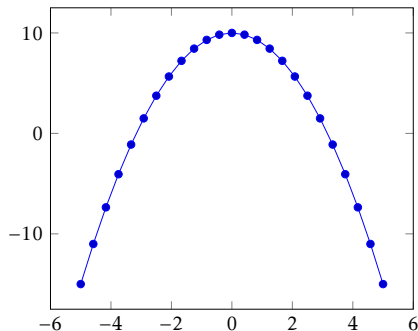
Représentation graphique de fonctions

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 $\left\{ \begin{array}{l} \text{abscisses : } [-5, 5] \text{ par défaut} \\ \text{ordonnées : } \text{en conséquence} \end{array} \right.$

Représentation graphique de fonctions

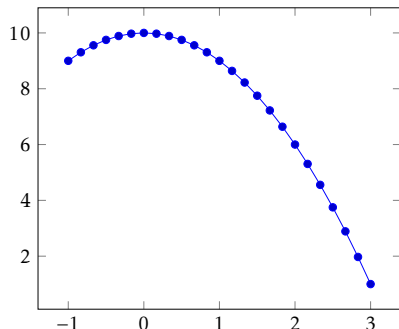
Intervalle pour les abscisses autre que par défaut

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 $\left\{ \begin{array}{l} \text{abscisses : } [a, b]? \text{ Option } \text{domain}=a:b \text{ de } \text{axis} \\ \text{ordonnées : } \text{en conséquence} \end{array} \right.$

Représentation graphique de fonctions

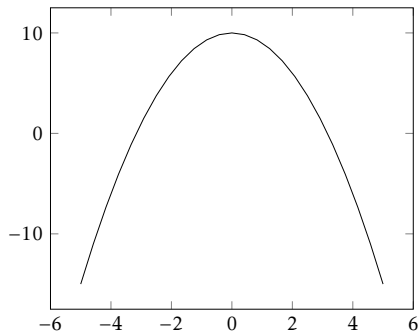
Sans marqueurs

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

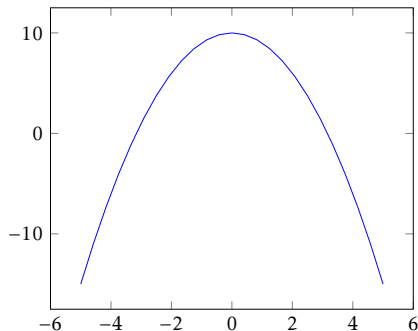
Sans marqueurs mais sans écraser les options par défaut

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

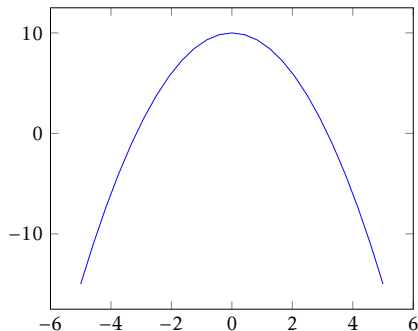
Sans marqueurs : option globale au graphique (plutôt au repère)

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 , π

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

Représentation graphique de fonctions

Fonctions trigonométriques : en degrés par défaut

Attention!

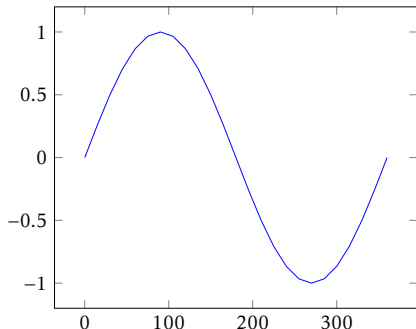
Les fonctions trigo. opèrent en **degrés** par défaut!

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!

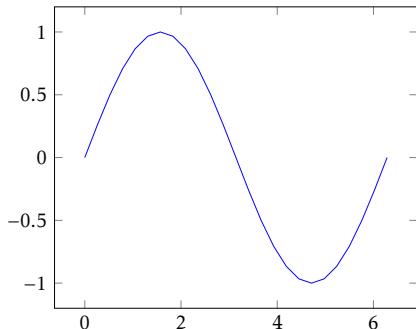
Les fonctions trigo. opèrent en radians si on le demande gentiment

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

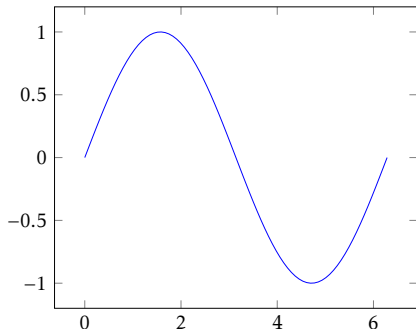
Par défaut, `samples=25`

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!

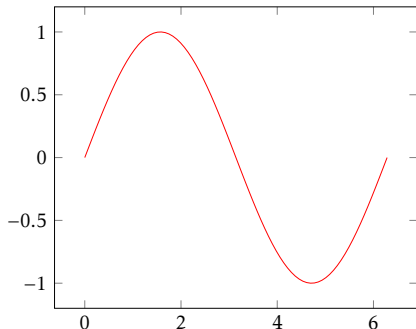
Couleur d'un tracé autre que par défaut \implies locale au tracé

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 ¹

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

Représentation de données (expérimentales)

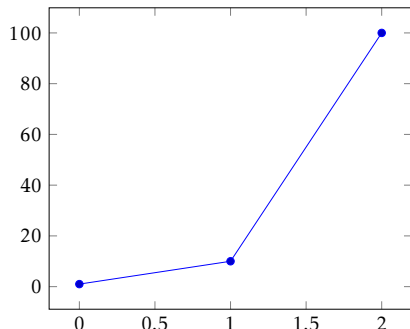
Lecture directe

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)

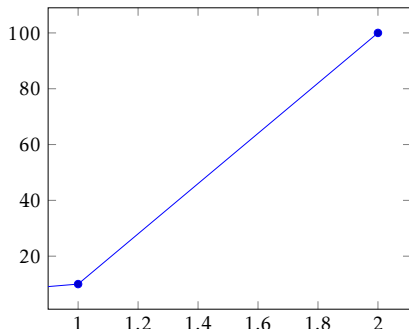
Lecture directe

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 ¹ suivants :

Syntaxe

$(x_1, y_1) (x_2, y_2) \dots$

Syntaxe

(x_1, y_1)

(x_2, y_2)

...

1. Équivalents (espace \iff unique)

Représentation de données (expérimentales)

Lecture *directe* versus à partir d'un fichier

Remarque

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

- sous-optimale
- car ⟨données⟩ stockées¹ dans le source `.tex`

Attention!

Possible et *préférable*² : ⟨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)

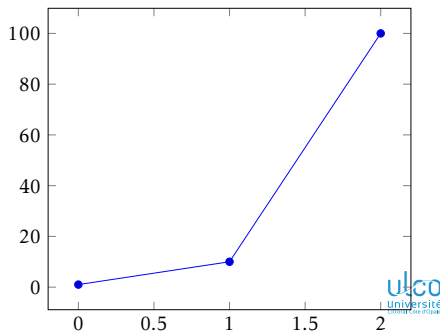
Lecture à partir d'un fichier

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)

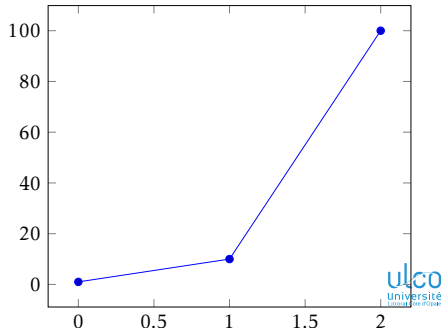
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

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)

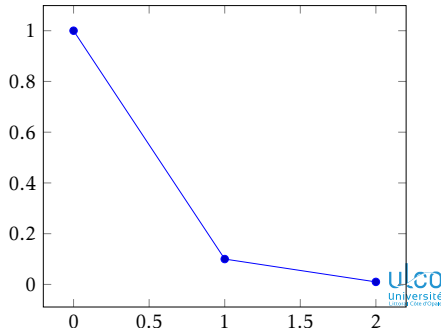
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

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 doivent¹ être au format :

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

... (ligne optionnelle ignorée)

% ... (ligne optionnelle ignorée)

<i><entête₁></i>	<i><entête₂></i>	<i><entête₃></i>	...
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)^{1 2}

⇒ 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^{re} 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)

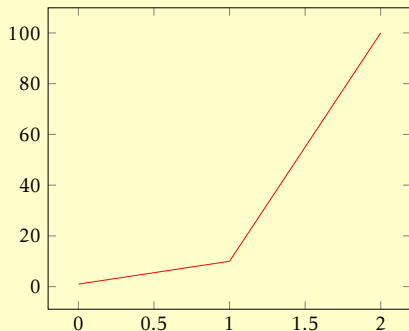
Options du tracé

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

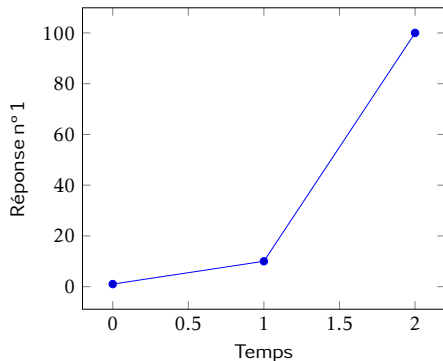
Options `xlabel` et `ylabel` de l'environnement `axis`

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^AT_EX** en général
- **pgfplots** en particulier ¹

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 »¹

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 + ←¹ successifs

remplaçables² par ce qui est souhaité *directement*³

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

colorée en cyan

Représentation de données (expérimentales)

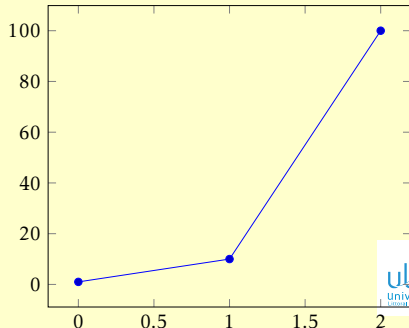
Lecture à partir d'un tableau : autres séparateurs de colonnes que l'espace

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^{re} 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)

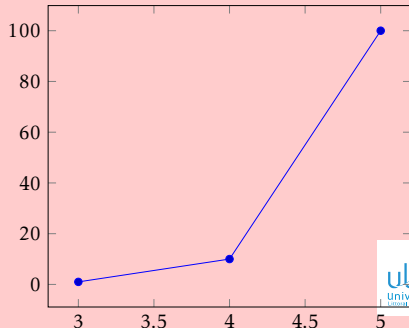
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

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
- adaptable¹ à tout tableur

1. *A priori*

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 Fichier » Enregistrer sous (**Ctrl** + **⇧** + **S**)
 - ② (si nécessaire) sélection du dossier adéquat
 - ③ Type de fichier » Texte CSV (.csv)
 - ④ contrôle de l'extension du nom du fichier à enregistrer¹ (nécess^t ≠ .ods)
 - ⑤ 
 - ⑥ 
 - ⑦ Séparateur de champ » {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_latex~~

soit compilateur = lua_latex mais option lua backend=false¹

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

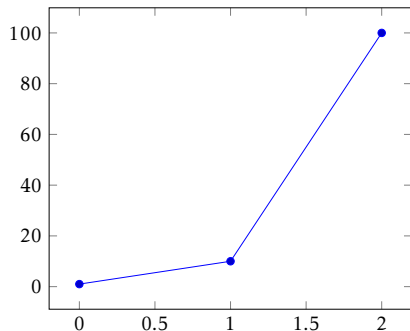
(Sans option)

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

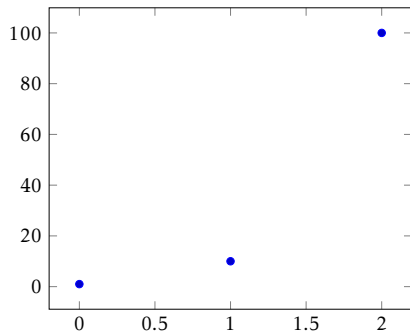
Option `only marks`

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

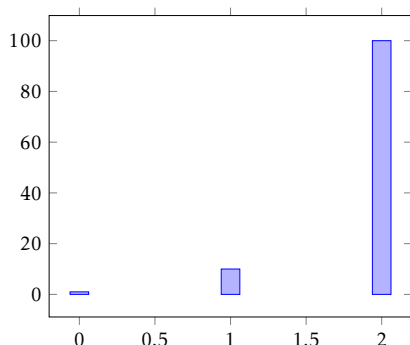
Option `ybar`

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

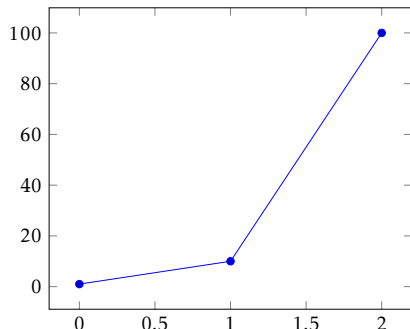
(Sans option)

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

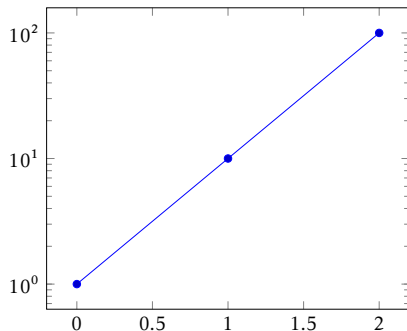
Environnement axis → semilogxaxis, semilogyaxis ou loglogaxis

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

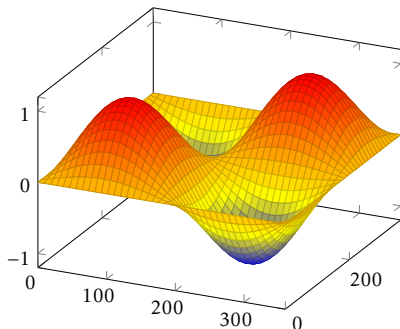
Fonction de 2 variables

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

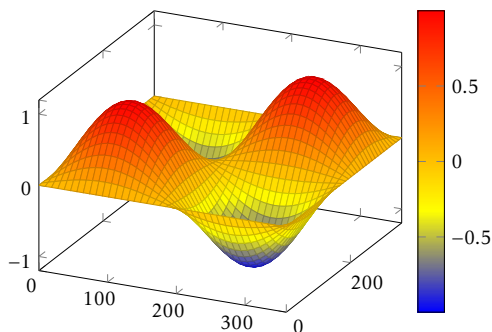
Fonction de 2 variables (bis)

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

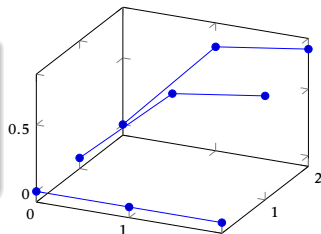
Données sous forme de matrice (pour le maillage) : lignes vides

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

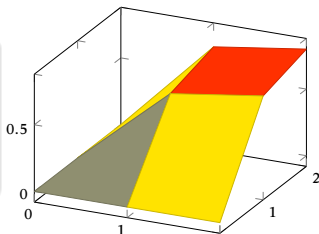
Données sous forme de matrice (pour le maillage) : lignes vides

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

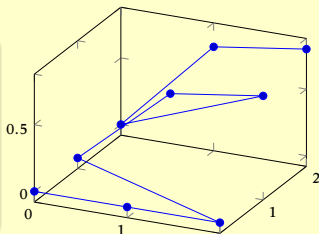
Données pas sous forme de matrice (pas de maillage) : en général non souhaité

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**

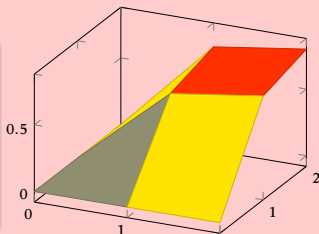
Données sous forme de matrice (**pas de** maillage) : en général **pas** souhaité

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 » supplémentaires¹ :
indication d'incertitude² : pour des graphiques avec barres d'erreur
métadonnée³ : p. ex. pour application de styles⁴ 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

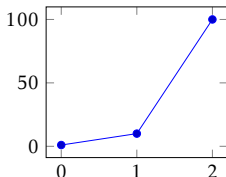
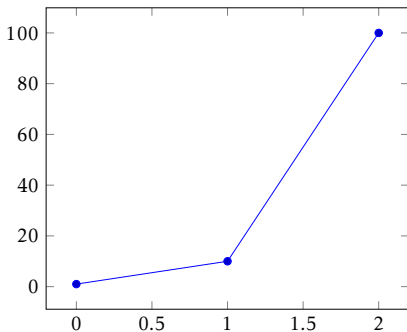
Option `scale=<facteur>` ou styles prédéfinis

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

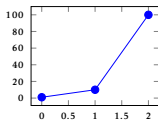
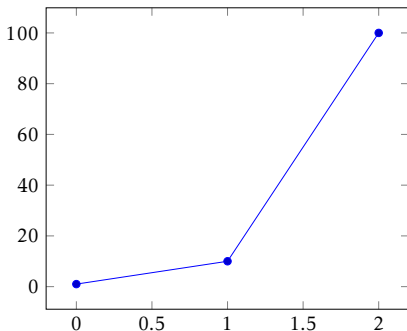
Option `scale=<facteur>` ou styles prédéfinis

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

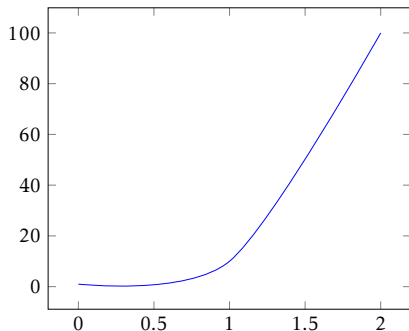
Option smooth (ajoutée aux options par défaut)

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

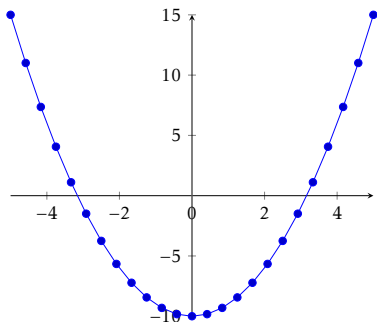
Options `axis lines=...` et `extra x ticks`

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

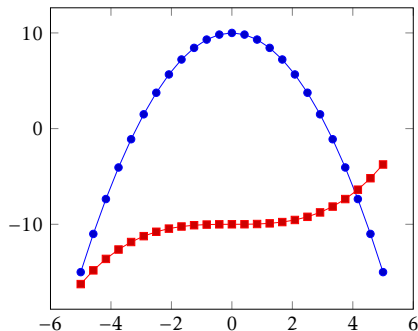
Fonctions

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

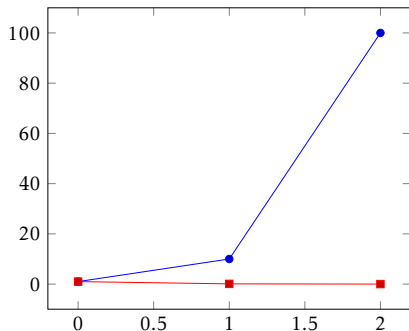
Données expérimentales

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

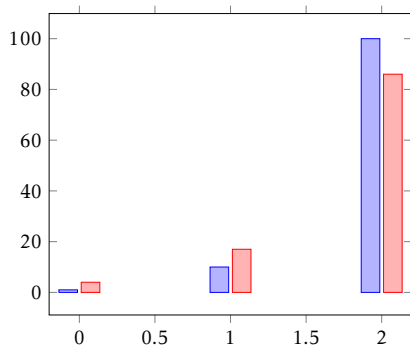
Données expérimentales en diagrammes en rectangles

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

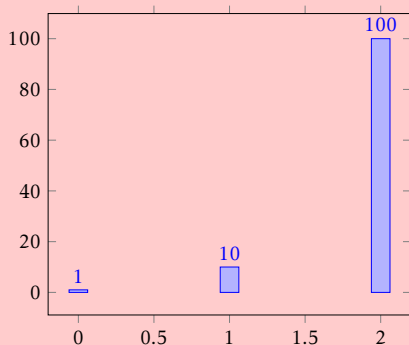
Exemple (diagrammes en rectangles)

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

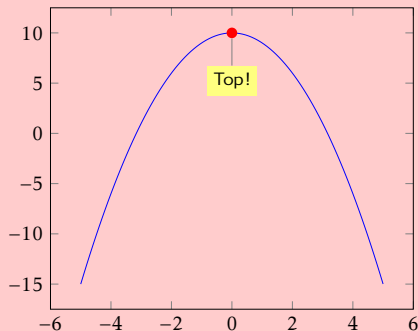
Exemple (fonction)

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

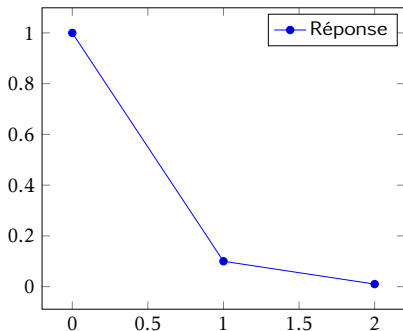
Commande `\legend` (entre autres)

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

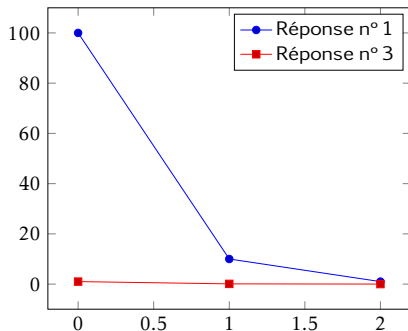
Commande `\legend` (entre autres) : occurrence **unique**

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

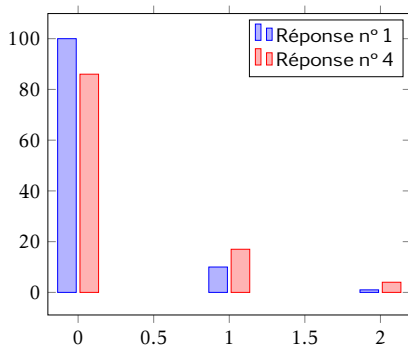
Commande `\legend` (entre autres) : occurrence **unique**

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

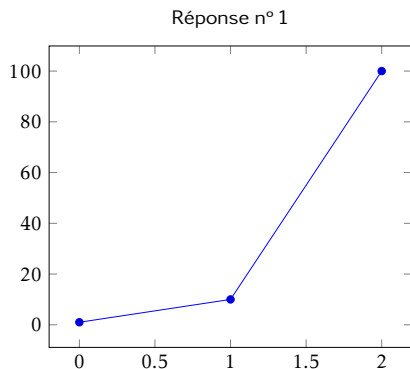
Option title

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}

```

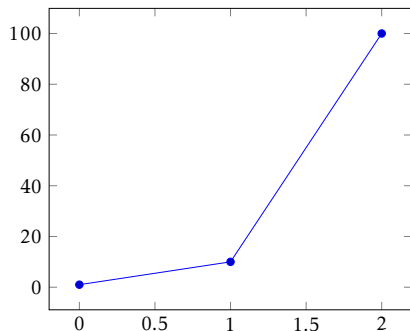


Figure 1 – Réponse n° 1

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 de¹ `pgfplots`
- assurer la compatibilité ascendante du document

effectuer systématiquement au moins le réglage suivant²

Code source

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

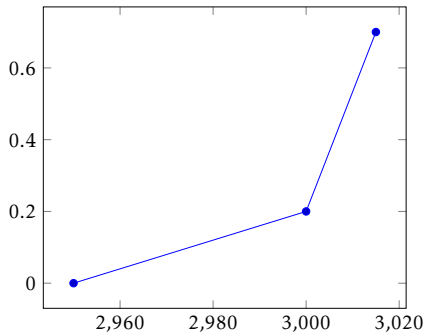
1. ... la version installée de...
2. Remplacer `1.18` par la version en cours (cf. documentation)

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

```

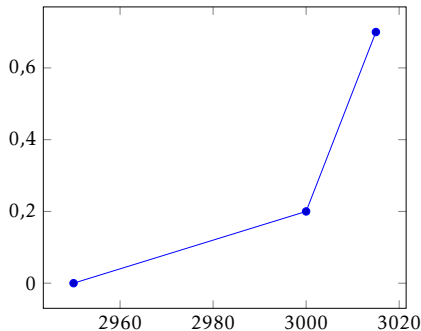
\pgfplotsset{%
  %
  /pgf/number format/.cd,
  use comma,
  1000 sep = {\,},
  min exponent for 1000 sep = 4
}

```

```

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

```

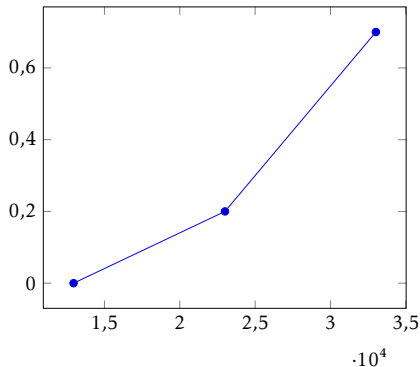
\pgfplotsset{%
  %
  /pgf/number format/.cd,
  use comma,
  1000 sep = {\,},
  min exponent for 1000 sep = 4
}

```

```

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

```

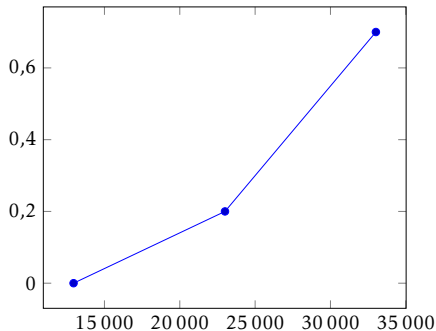
\pgfplotsset{%
  scaled ticks=false,
  /pgf/number format/.cd,
  use comma,
  1000 sep = {\,},
  min exponent for 1000 sep = 4
}

```

```

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)

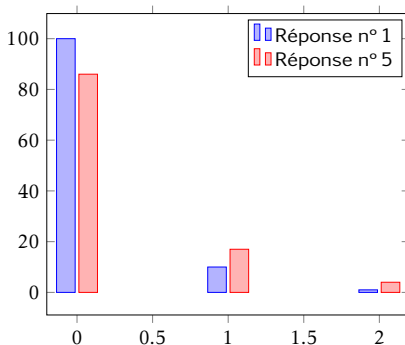
Position parfois convenable

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)

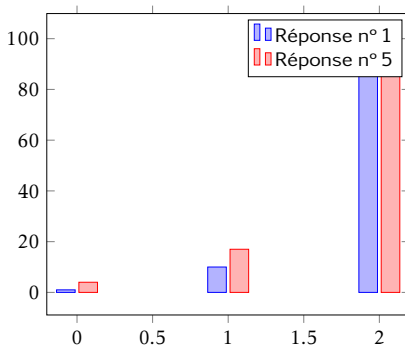
Position parfois pas **convenable**...

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)

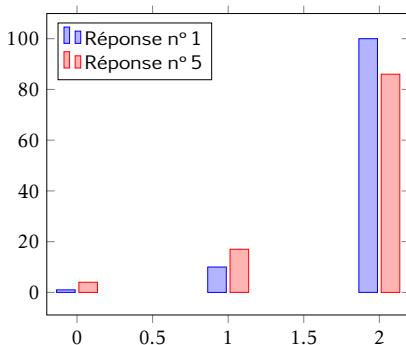
Position parfois pas **convenable**... mais modifiable

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)

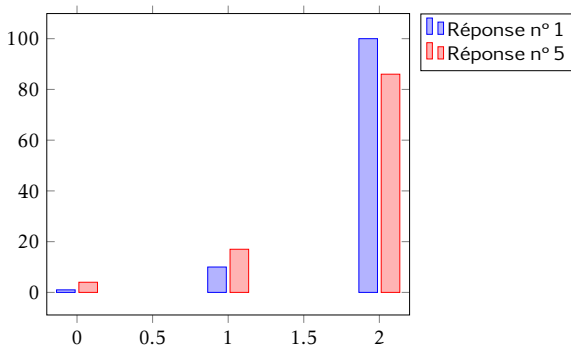
Position parfois gênante... **mais modifiable**, même hors du cadre

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 :

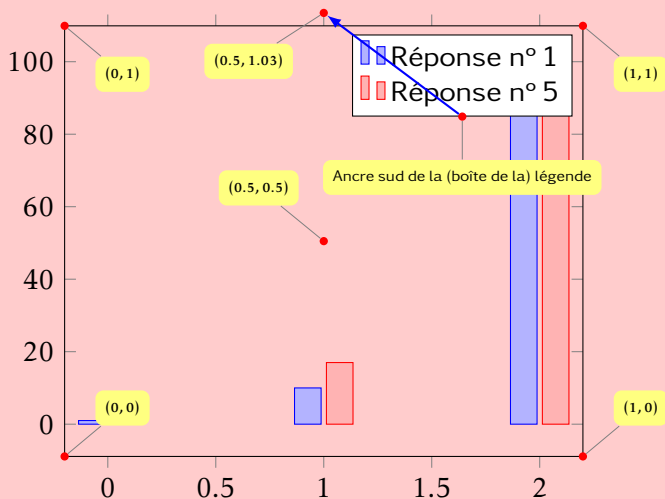
- au « nord-est » : seule position qui soit prédéfinie¹
- ailleurs² faisable mais \implies mains dans le cambouis

Voyons comment procéder...

-
1. Option `outer north east`
 2. P. ex. « au-dessus »

Légende(s)

Autres positions hors du cadre? Oui, manuellement



Légende(s)

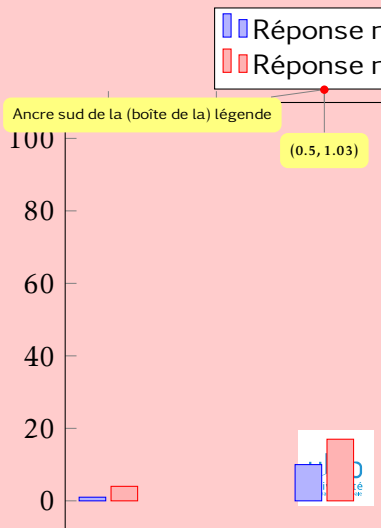
Autres positions hors du cadre? Oui, manuellement

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)

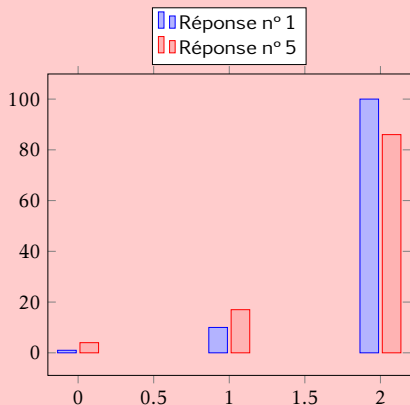
Autres positions hors du cadre? Oui, manuellement

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}

```



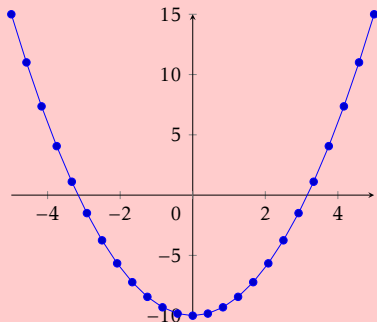
Axes classiques : position de l'étiquette « 0 » ?

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**¹

cf. aussi packages :

- *tkz-fct*
- *tikz*²

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 :

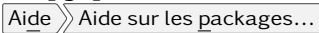

- fonctionnalités
- possibilités de personnalisation

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

- « *Comment faire de beaux graphiques avec Tikz et PGFPLOTS* »¹
- 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)