

Conférence L^AT_EX n° 10

Courbes de fonctions et de données expérimentales

Denis BITOUZÉ

denis.bitouze@lmpa.univ-littoral.fr

<http://gte.univ-littoral.fr/members/dbitouze/pub/latex>

Laboratoire de Mathématiques Pures et Appliquées Joseph Liouville

<http://www-lmpa.univ-littoral.fr>

&

IUT Génie Thermique et Énergie de Dunkerque

<http://gte.univ-littoral.fr/>

Plan

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

Description du package **pgfplots**

- 1 **pgfplots** permet de **créer aisément** des **graphiques 2D ou 3D** :
 - soit de **fonctions**
 - soit de **données** (notamment **expérimentales**)
- 2 **pgfplots** s'appuie sur **pgf**, package dédié à la création de dessins ¹

Remarque

Dans la suite, **pgfplots** est supposé systématiquement chargé

Code source

```
\usepackage{pgfplots}
```

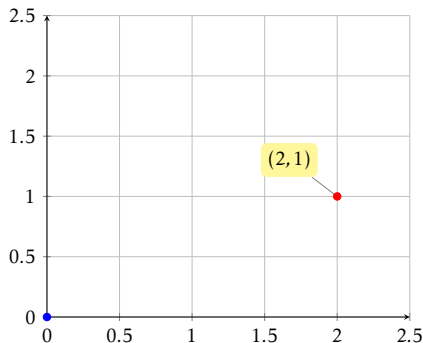
1. Au sens large

Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- **Système de coordonnées et unités**
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

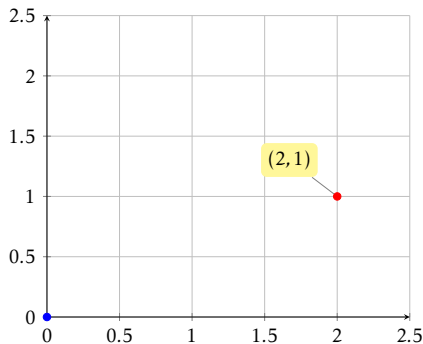
Système de coordonnées



Par défaut, le système de coordonnées est le système cartésien :

- l'origine d'un graphique est en bas à gauche
- l'axe des abscisses est horizontal orienté de gauche à droite
- l'axe des ordonnées est vertical orienté de bas en haut
- chaque point est repéré par un couple de coordonnées (x, y)

Système de coordonnées



Remarque

L'unité par défaut est le cm

Ainsi, le point de coordonnées $(2,1)$ est situé à 2 cm à droite et à 1 cm au-dessus de l'origine

Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- **Première approche**
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

Création d'un graphique

Tout graphique est créé à l'intérieur des 2 environnements `tikzpicture` et `axis` emboîtés l'un dans l'autre :

Syntaxe

```
\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}
    commandes de création du graphique; % point-virgule !
  \end{axis}
\end{tikzpicture}
```

Attention !

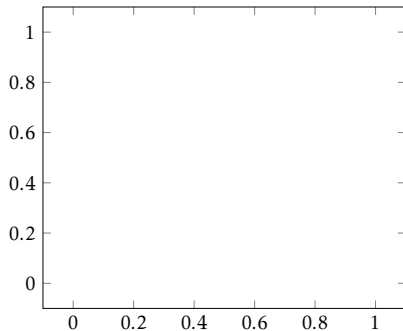
Tout graphique¹ doit se terminer par **un point-virgule**

1. Et plus généralement toute déclaration

Création d'un graphique

Code source

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



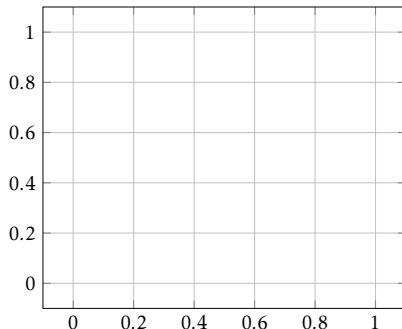
Remarque

Si les *commandes de création du graphique* sont absentes, le graphique obtenu est un 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

Si les *commandes de création du graphique* sont absentes, le graphique obtenu est un carré « vide » de côté 1×1 (pas tout à fait carré et légèrement augmenté)

Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- **Représentation graphique de fonctions**
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

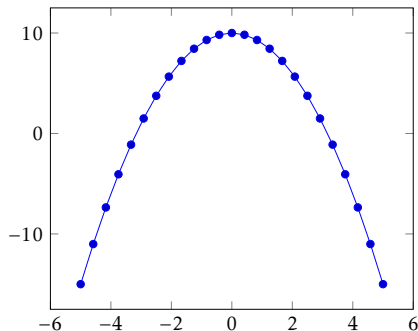
Représentation graphique de fonctions

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 abscisses : $[-5, 5]$ par défaut

Domaine des ordonnées : en conséquence

Représentation graphique de fonctions

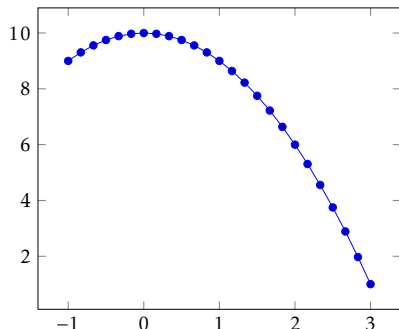
Intervalle pour les abscisses autre que par défaut

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 abscisses : $[a, b]$? Option `domain=a:b` de `axis`

Domaine des ordonnées : en conséquence

Représentation graphique de fonctions

Syntaxe

Syntaxe (fonction d'1 variable)

```
\addplot {⟨expression mathématique⟩} ;
```

Dans l'⟨*expression mathématique*⟩, on peut utiliser les :

variable : `x`

opérations : `+`, `-`, `*`, `/`

puissance : `^`

constantes : `e` et `pi`

fonctions : `abs`, `round`, `floor`, `mod`, `max`, `min`, `sin`, `cos`, `tan`, `deg`, `rad`,
`atan`, `asin`, `acos`, `cot`, `sec`, `cosec`, `exp`, `ln`, `sqrt`,
`factorial`, `rand`¹, `rnd`¹, etc.

1. Nombres aléatoires entre -1 (resp. 0) et 1

Représentation graphique de fonctions

Fonctions trigonométriques : en degrés par défaut

Attention !

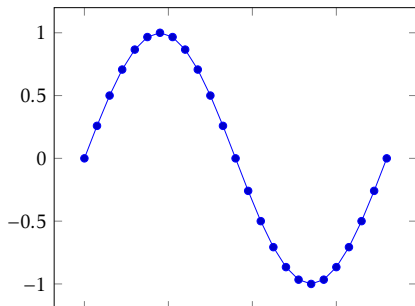
Les fonctions trigonométriques opèrent en **degrés** et non **en radians** !

Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     domain=0:360
4     %
5     %
6   ]
7     \addplot {sin(x)};
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}

```



Représentation graphique de fonctions

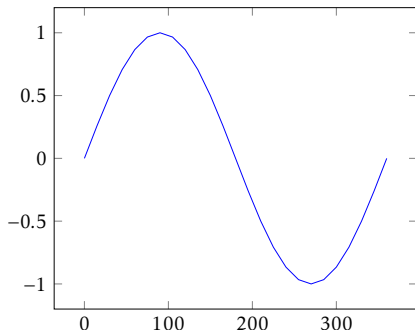
Fonctions trigonométriques : en degrés par défaut

Attention !

Les fonctions trigonométriques opèrent en **degrés** et non **en radians** !

Code source

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



Représentation graphique de fonctions

Fonctions trigonométriques : en degrés par défaut

Attention !

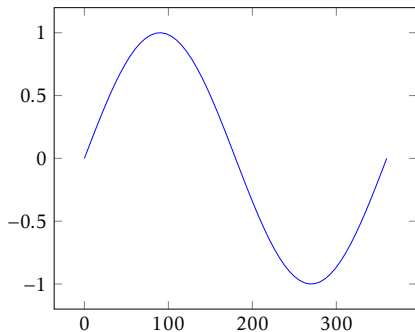
Les fonctions trigonométriques opèrent en **degrés** et non **en radians** !

Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     domain=0:360,
4     no markers,
5     samples=60 % compil. + lg
6   ]
7     \addplot {sin(x)};
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}

```



Représentation graphique de fonctions

Fonctions trigonométriques : en degrés par défaut, mais radians possibles

Remarque

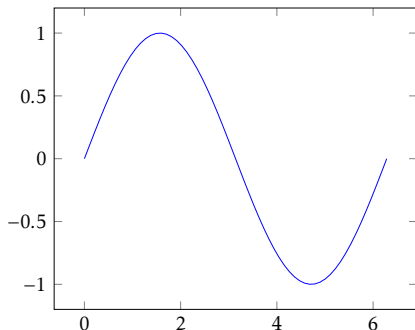
Les fonctions trigonométriques opèrent en radians si **deg** est utilisée

Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}[
3     domain=0:2*pi,
4     no markers,
5     samples=60 % compil. + lg
6   ]
7     \addplot {sin(deg(x))};
8   \end{axis}
9 \end{tikzpicture}

```



Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

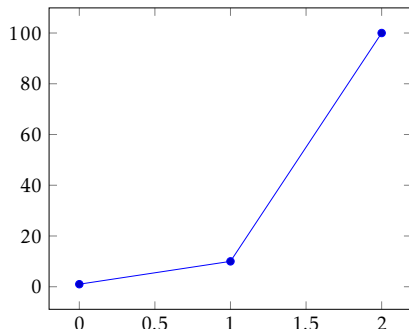
- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- **Représentation graphique de données**
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

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

Domaine des abscisses : automatiquement adapté aux données

Domaine des ordonnées : automatiquement adapté aux données

Représentation de données (expérimentales)

Lecture directe : syntaxe

Syntaxe (lecture directe des données)

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

où les *<données>* sont à l'un des formats¹ suivants :

Syntaxe

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

Syntaxe

(x_1, y_1)

(x_2, y_2)

\dots

1. Équivalents (espace \iff retour chariot unique)

Représentation de données (expérimentales)

Lecture **directe** *versus* à partir d'un fichier

Remarque

La méthode `\addplot coordinates {⟨données⟩}` est une méthode de **lecture directe** : les ⟨données⟩ figurent¹ dans le source .tex

Attention !

Il est possible et **préférable**² que ces ⟨données⟩ soient :

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)

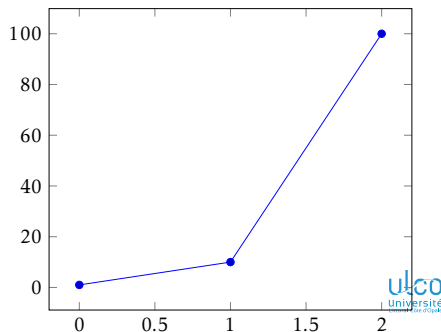
Lecture à partir d'un fichier

Fichier externe (data1.txt)

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

Code source

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



Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un fichier en exploitant les tableaux

Attention !

La commande `\addplot table` permet plus que cela : exploiter des données sous forme de **tableaux** avec :

- nombre arbitraire de colonnes
- choix arbitraire des colonnes représentées

Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un tableau : exemple

Fichier externe (data2.txt)

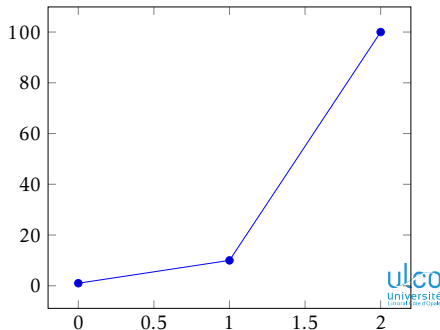
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

Code source

```

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

```



Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un tableau : exemple (autre choix de colonne)

Fichier externe (data2.txt)

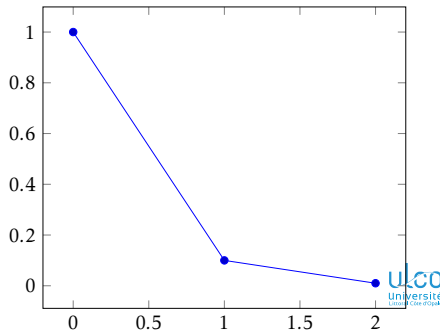
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

Code source

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
3     \addplot table[
4       x=Temps,y=Rep2
5     ]{data2.txt};
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=<entête i>,y=<entête j>] {<fichier>;
```

où, dans le *<fichier>*, les données doivent par défaut être au format :

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

```
# ... (ligne optionnelle ignorée)
% ... (ligne optionnelle ignorée)
<entête 1> <entête 2> <entête 3> ...
x11          x12          x13          ...
x21          x22          x23          ...
...
```

Fonctionnalités de TeXstudio

Insertion de graphiques

Remarque

Rien concernant **pgfplots** dans les menus ou boutons de TeXstudio

Mais...

Attention !

TeXstudio propose un puissant système d'auto-complétion pour les environnements et commandes de base de **pgfplots**

Par exemple, si on souhaite créer un graphique à partir de données expérimentales sous forme de tableau, on a besoin d'un code semblable à celui ci-après

Fonctionnalités de TeXstudio


Insertion de graphiques – suite


Code source (souhaité)

```

1 \begin{tikzpicture}
2   \begin{axis}
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 – suite

Code source (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}
  
```

Dans ce code, les éléments encadrés indiquent des « paramètres fictifs »¹ de TeXstudio

1. En anglais, « *placeholders* »

Fonctionnalités de TeXstudio

Insertion de graphiques – suite (paramètres fictifs)

Définition

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

signalés par des boîtes les encadrant

atteignables par Ctrl + → ou Ctrl + ← successifs

remplaçables¹ par ce qui est souhaité **directement**²

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

Représentation de données (expérimentales)

Lecture à partir d'un tableau : avantages

Autres fonctionnalités de la méthode de lecture **à partir d'un tableau** :

- possibilité d'autres séparateurs de colonnes que l'espace
- transformations à la volée sur les données
- etc.

Représentation de données (expérimentales)

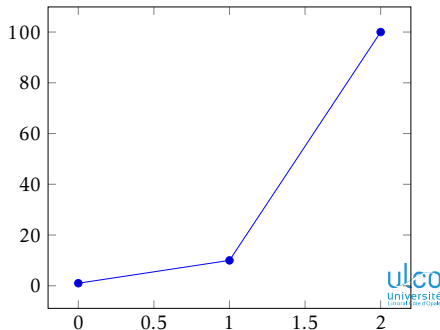
Lecture à partir d'un tableau : autres séparateurs de colonnes que l'espace

Fichier externe (data3.txt)

```
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.txt};
7   \end{axis}
8 \end{tikzpicture}
```



Représentation de données (expérimentales)

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

Fichier externe (data2.txt)

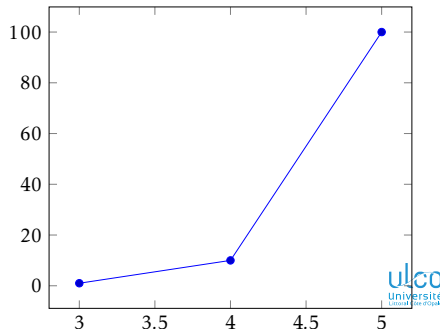
Temps	Rep1	Rep2
0	1	1
1	10	0.1
2	100	0.01

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.txt};
7   \end{axis}
8 \end{tikzpicture}

```



Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- **Exemple grandeur nature**
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

Données stockées dans un tableur

Pour représenter des données expérimentales stockées dans un tableur, la procédure suivante est à la fois simple, rapide et efficace

Remarque

Cette procédure est valable pour TeXstudio mais devrait l'être également pour tout autre éditeur de texte orienté \LaTeX , moyennant éventuellement quelques légères adaptations

Données stockées dans un tableur : procédure

- ❶ Dans le tableur, ouverture du fichier et copie des données (**Ctrl** + **C**)
- ❷ Dans TeXstudio :
 - ❶ stockage des données dans un fichier de texte brut :
 - ❶ création d'un nouveau fichier **vide** (**Ctrl** + **N**) pour les données
 - ❷ collage des données dans ce fichier vide (**Ctrl** + **V**)
 - ❸ remplacement de toutes les virgules par des points¹ (**Ctrl** + **R**)
 - ❹ enregistrement de ce fichier (**Ctrl** + **S**) sous un nom au choix **mais avec l'extension .txt**, par exemple tp.txt
 - ❷ création d'un fichier .tex pour visualiser ces données :
 - ❶ **Fichier** >> **Nouveau à partir d'un modèle** >> **Article (French)**
 - ❷ chargement du package **pgfplots** (`\usepackage{pgfplots}`)
 - ❸ utilisation de **tikzpicture**, **axis** et `\addplot table`
 - ❹ enregistrement de ce fichier (**Ctrl** + **S**) sous un nom au choix, par exemple tp.tex
 - ❺ compilation (**F5** – ou **F1** avant la version 2.9.4 de TeXstudio)
- ❸ **Admiration du résultat**

1. Le **séparateur décimal** des **données** doit être le **point**, et **non pas** la **virgule**

Données stockées dans un tableur : **pas idéal!**

Attention!

Stocker ses données dans un tableur est rarement la bonne solution!

Mieux : faire exporter dans un fichier externe les données obtenues si elles proviennent de :

programmes informatiques : C, C++, Python, Java, etc.

logiciels de calcul : Scilab, MATLAB®, etc.

logiciels d'acquisition de données : TANGO, etc.

Remarque

Le format d'export est souvent :

- l'un de ceux acceptés par **pgfplots** :
 - lignes de commentaire débutant par # ou %
 - données en colonnes, séparées par des espaces/tabulations
- paramétrable (si nécessaire)

Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

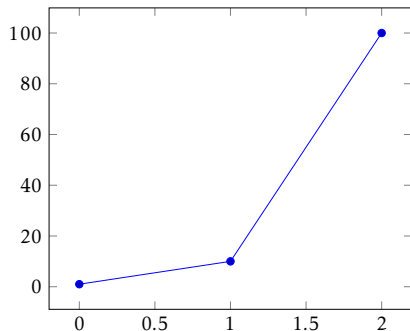
- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- **Autres graphiques**
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

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}
```

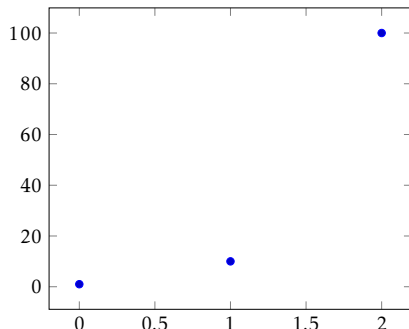


Graphique de départ → nuages de points

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

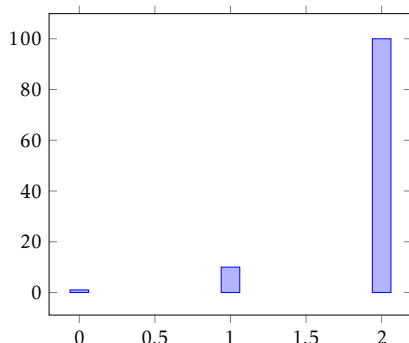
Option `ybar`

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 !

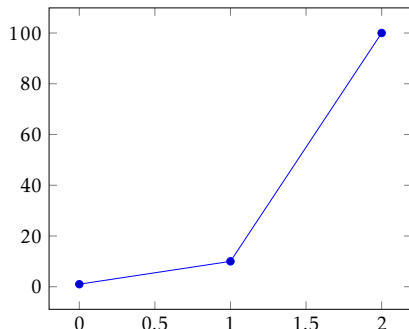
Diagrammes en rectangles \neq histogrammes. Mais vrais histogrammes possibles (cf. option `hist`)

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}
```



Remarque

Question : existe-t-il une relation liant les ordonnées aux abscisses des ces points ?

Graphique de départ → échelle logarithmique

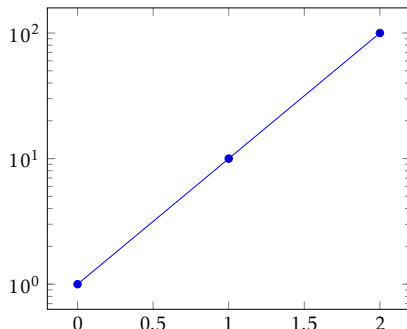
Environnement `axis` → `semilogxaxis`, `semilogyaxis` ou `loglogaxis`

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 :
 environnement `axis` → `semilogxaxis`, `semilogyaxis` ou `loglogaxis`

Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- **Graphiques 3D**
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

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} ;
```

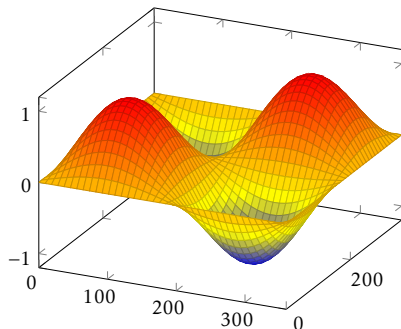
1. Les variables à utiliser sont x et y

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}
```

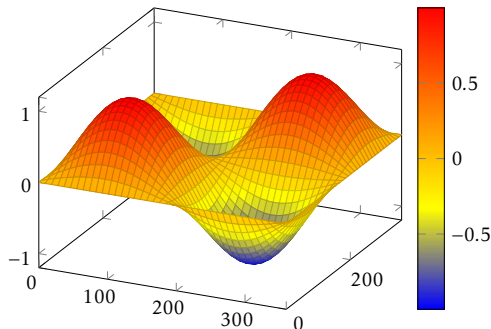


Graphiques 3D : représentation de surface

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**

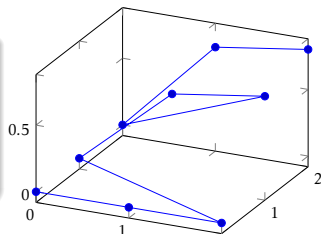
Données *pas* sous forme de matrice (pas de maillage) : **en général non souhaité**

Fichier externe (3d-1.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-1.dat};
\end{axis}\end{tikzpicture}
```



Graphiques 3D : représentation de courbes/surface

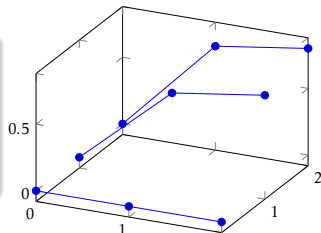
Données sous forme de matrice (pour le maillage) : lignes vides

Fichier externe (3d-2.dat) avec lignes vides

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-2.dat};
\end{axis}\end{tikzpicture}
```



Graphiques 3D : représentation de courbes/surface

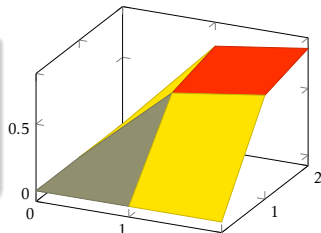
Données sous forme de matrice (pour le maillage) : lignes vides

Fichier externe (3d-2.dat) avec lignes vides

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-2.dat};
\end{axis}\end{tikzpicture}
```



Graphiques 3D : représentation de courbes/surface

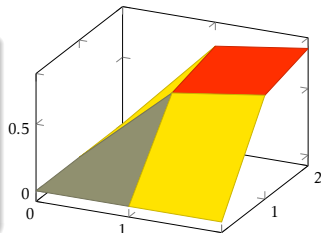
Données sous forme de matrice : sans lignes vides mais maillage *via* mesh/rows

Fichier externe (3d-1.dat)

```
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

```
\begin{tikzpicture}\begin{axis}
\addplot3[surf,mesh/rows=3]
  table {3d-1.dat};
\end{axis}\end{tikzpicture}
```



Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- **Divers**
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

Graphiques avec incertitudes ou métadonnées

Les 2 méthodes de lecture des données :

- ① directe
- ② à partir d'un fichier sous forme de tableau

permettent de traiter, en plus des 2 ou 3 coordonnées, 2 « données » supplémentaires :

- ① une indication d'incertitude pour des graphiques avec barres d'erreur (cf. $+-$, $+=$, $-=$)
- ② une métadonnée permettant p. ex. de représenter les points avec des styles (p. ex. des couleurs) différents (cf. `point meta`)

Remarque

Ceci n'est pas traité dans ce cours

Changement d'échelle

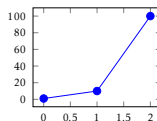
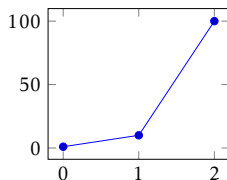
Option `scale=`*facteur* ou styles prédéfinis

Code source

```

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

```

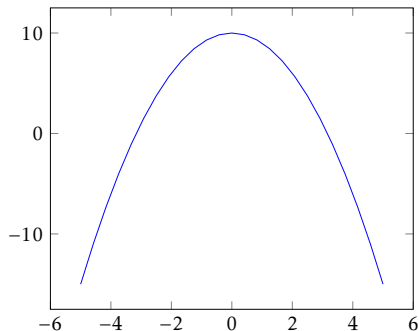


Points masqués (fonctions)

Option `no markers`

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}
```

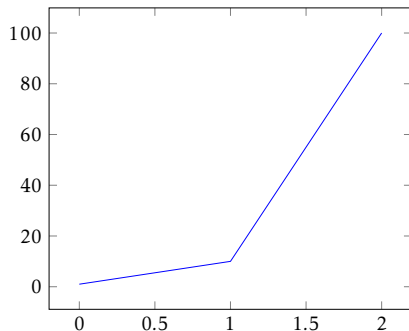


Points masqués (données expérimentales)

Option `no markers`

Code source

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

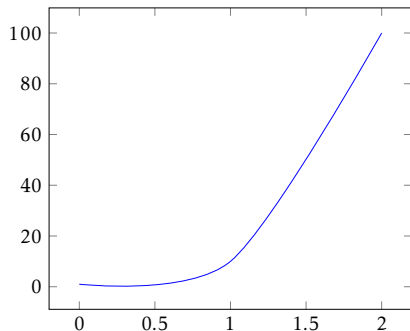


Courbes lissées

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}
```

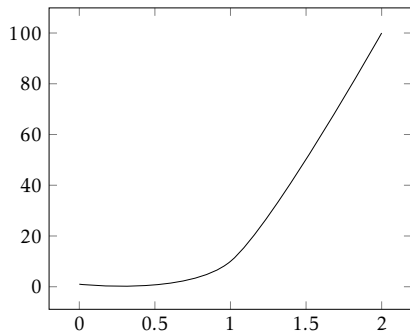


Courbes lissées

Option `smooth` (remplaçant les 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

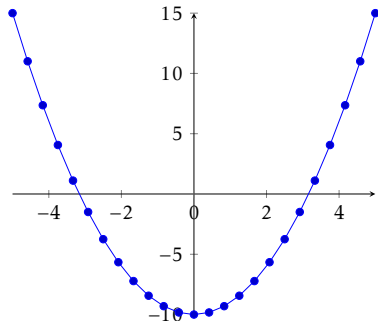
Options `axis lines=...` et `extra x ticks`

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}

```



Graphiques multiples

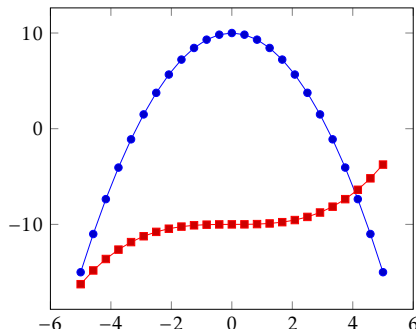
Fonctions

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

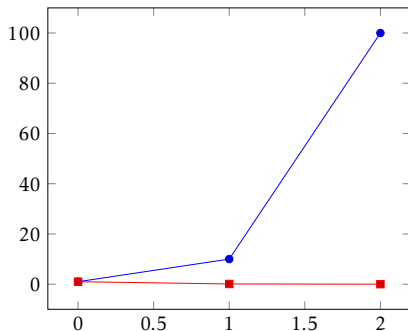
Données expérimentales

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

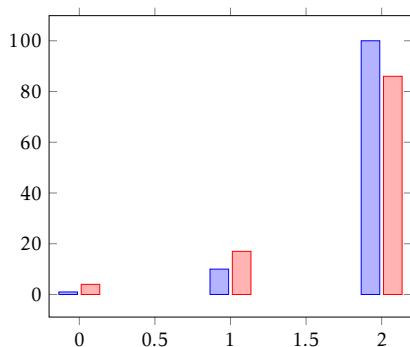
Données expérimentales en diagrammes en rectangles

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

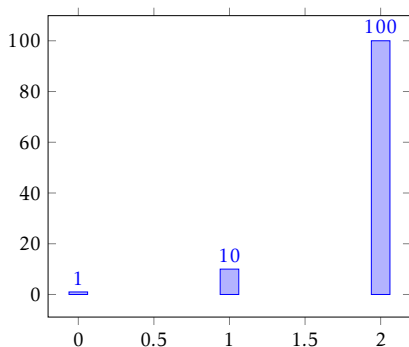
Exemple (diagrammes en rectangles)

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}

```

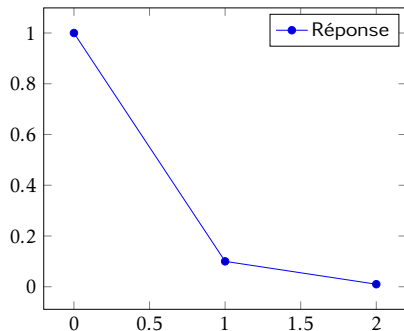


Légende

Commande `\legend`

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

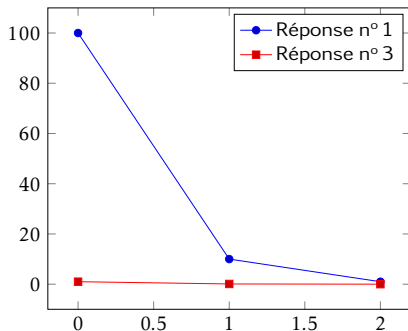
Commande `\legend` : occurrence unique

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

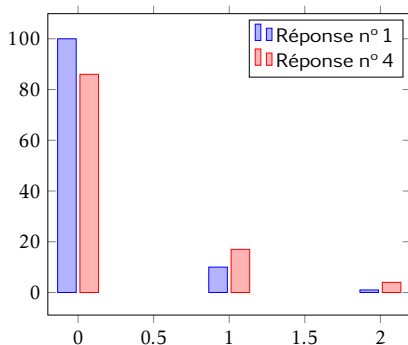
Commande `\legend` : occurrence unique

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

Label(s)

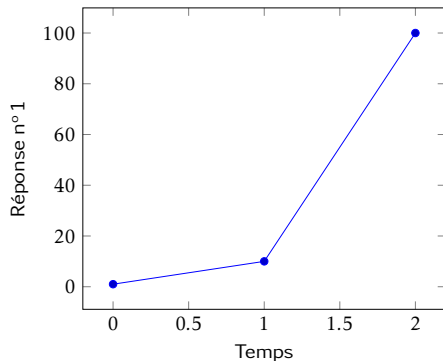
Options `xlabel` et `ylabel`

Code source

```

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

```



Titre

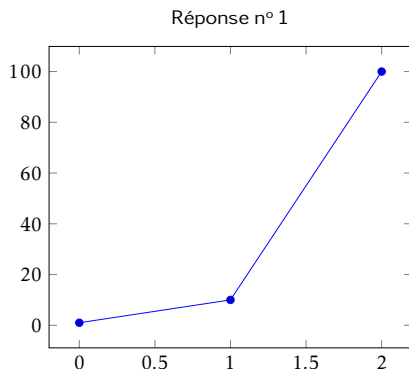
Option title

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}

```

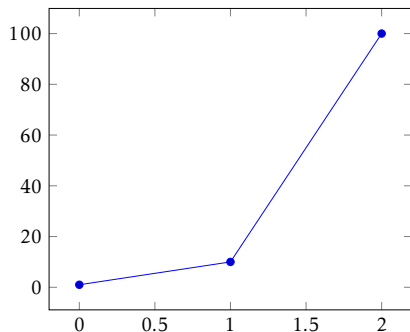


FIGURE 1 – Réponse n° 1

Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

Configuration (semi-)globale

Réglages (semi-)globaux possibles au moyen de :

Syntaxe

```
\pgfplotsset{⟨réglages⟩}
```

Réglage de compatibilité

Pour bénéficier des fonctionnalités les plus récentes, on effectuera systématiquement au moins le réglage¹ :

Code source

```
\pgfplotsset{compat = 1.15} % ou 1.14 ou...
```

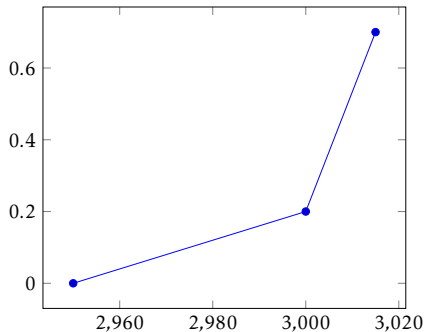
1. Remplacer 1.15 par 1.14, etc. en cas de versions moins récentes de **pgfplots**

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}
```

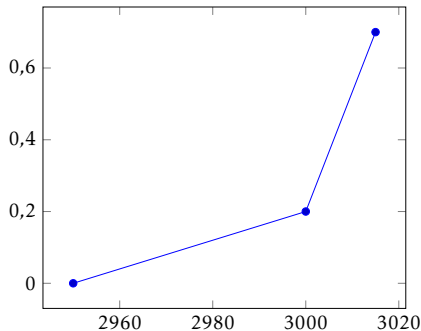


Séparateurs décimal et de milliers à la française

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}
```



Légende(s)

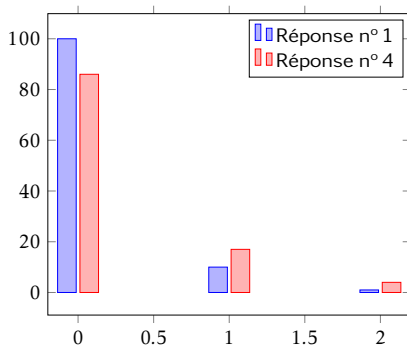
Emplacement parfois convenable

Code source

```

1
2
3
4
5
6
7 \begin{tikzpicture}
8   \begin{axis}[ybar]
9     \addplot coordinates {
10      (0,100) (1,10) (2,1)
11    };
12    \addplot coordinates {
13      (0,86) (1,17) (2,4)
14    };
15    \legend{Réponse \no1,Réponse \no4}
16  \end{axis}
17 \end{tikzpicture}

```



Légende(s)

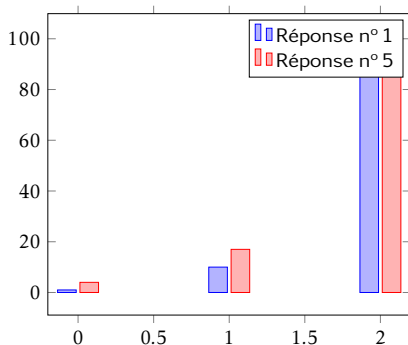
Emplacement parfois gênant...

Code source

```

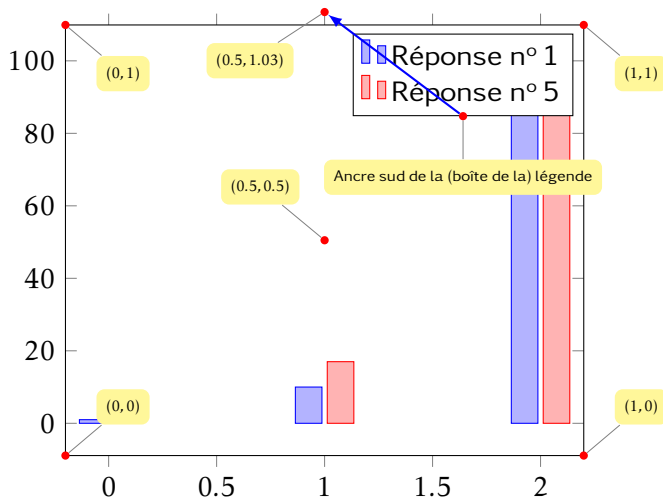
1
2
3
4
5
6
7 \begin{tikzpicture}
8   \begin{axis}[ybar]
9     \addplot coordinates {
10       (0,1) (1,10) (2,100)
11     };
12     \addplot coordinates {
13       (0,4) (1,17) (2,86)
14     };
15     \legend{Réponse \no1,Réponse \no5}
16   \end{axis}
17 \end{tikzpicture}

```



Légende(s)

Emplacement parfois gênant...



Légende(s)

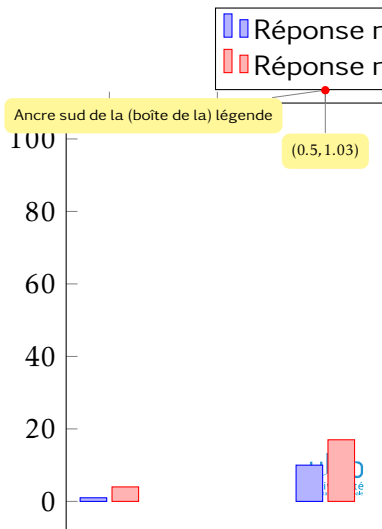
Emplacement parfois gênant... mais modifiable

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}

```



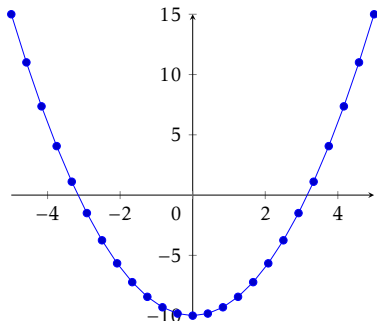
Axes classiques : position de la marque « 0 » ?

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}

```



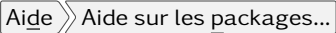
Ce que nous détaillons maintenant

1 Courbes, graphiques et surfaces avec pgfplots

- Introduction
- Système de coordonnées et unités
- Première approche
- Représentation graphique de fonctions
- Représentation graphique de données
- Exemple grandeur nature
- Autres graphiques
- Graphiques 3D
- Divers
- Configuration (semi-)globale
- Pour aller plus loin

Documents à consulter

Bien d'autres fonctionnalités et possibilités de personnalisation n'ont pas pu être abordées. On consultera

- « **Comment faire de beaux graphiques avec Tikz et PGFPLOTS** » sur le site « **Les fiches de Bébert (pour une véritable Publication Assistée par Ordinateur)** »
- un **site** répertoriant un certain nombre de réalisations au moyen du package **pgfplots**
- la documentation du package :
 - en ligne de commandes :** `texdoc pgfplots`
 - dans TeXstudio :**  puis saisir « **pgfplots** », puis taper « **Entrée** »