

tkz-grapheur [fr]

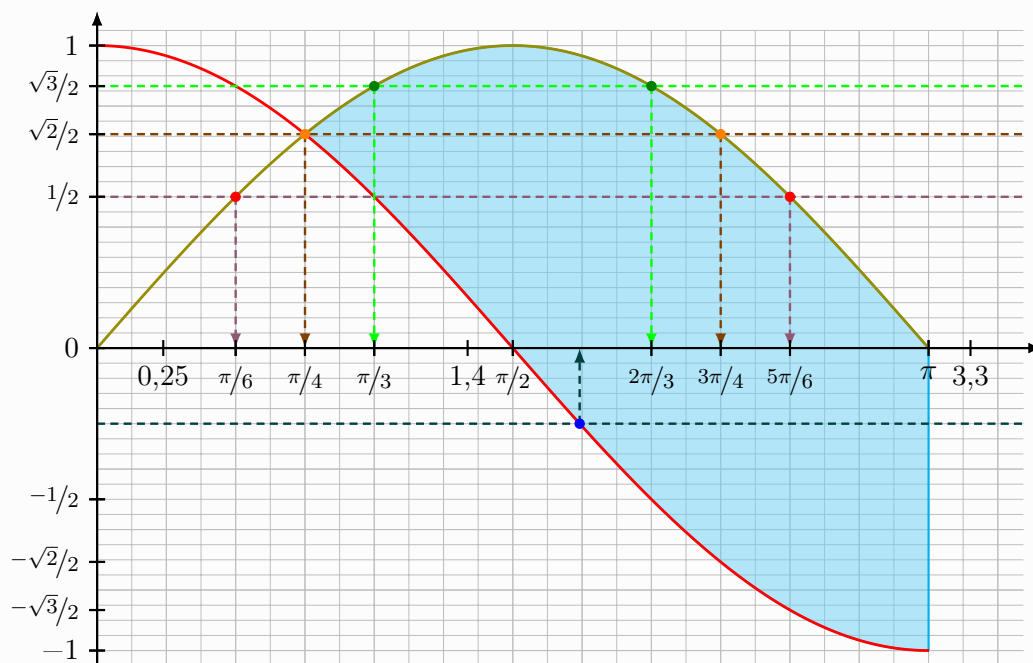
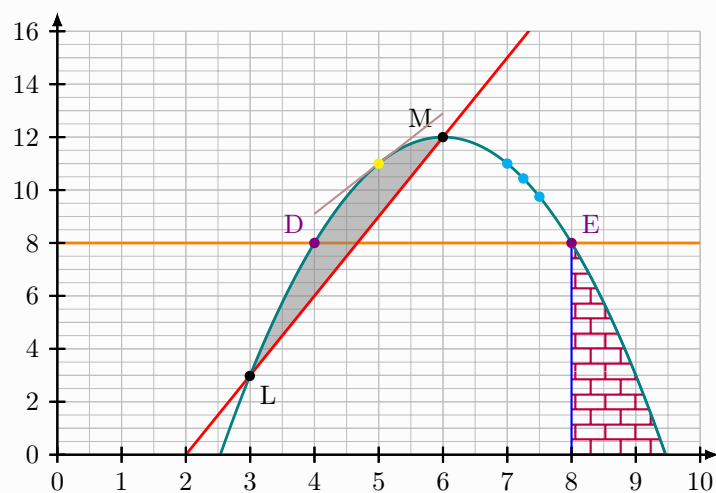
Un système de grapheur,
basé sur TikZ et xint.

Version 0.30d - 20/03/2026

Cédric Pierquet

c pierquet - at - outlook . fr

<https://github.com/cpierquet/latex-packages/tree/main/tkz-grapheur>



À mon papa.

Table des matières

1	Introduction	5
1.1	Description et idées générales	5
1.2	Fonctionnement global	5
1.3	Packages utilisés, et options du package	5
1.4	Chargement du package	6
1.5	Avertissements	6
1.6	Architecture du package	6
1.7	Exemple introductif	7
2	Styles de base et création de l'environnement	8
2.1	Styles de base	8
2.2	Création de l'environnement	9
2.2.1	Valeurs manuelles	9
2.2.2	Avec choix des dimensions	11
2.3	Grilles et axes	12
2.3.1	Fonctionnement global	12
2.3.2	Thème de couleurs de la grille	15
2.4	Ajout de valeurs manuellement	16
2.5	Nœuds liés à la fenêtre et aux axes	17
3	Commandes spécifiques de définitions	18
3.1	Création de fonctions hors environnement	18
3.2	Tracer une droite	18
3.3	Gestion de fonctions, de courbes	20
3.3.1	Définir une fonction, tracer la courbe d'une fonction	20
3.3.2	Définir/tracer une courbe d'interpolation (simple)	21
3.3.3	Définir/tracer une courbe d'interpolation (Hermite)	22
3.3.4	Définir/tracer une courbe d'interpolation (Lagrange)	23
3.4	Gestion de points	26
3.4.1	Définir des points sous forme de nœuds	26
3.4.2	Marquage de points	28
3.4.3	Marquer des points de discontinuité	29
3.5	Récupérer les coordonnées de nœuds	30
3.6	Placer du texte	30
4	Commandes spécifiques d'exploitation des courbes	32
4.1	Placement d'images	32
4.2	Antécédents	33
4.2.1	Détermination d'antécédents	33
4.2.2	Construction d'antécédents	34
4.3	Intersections de deux courbes	35
4.4	Extremums	37
4.5	Intégrales (version améliorée)	41
4.6	Tangentes	45
4.7	Suites	47
4.7.1	Nuage de points d'une suite	47
4.7.2	Suites récurrentes et toiles	48
4.8	Inégalité linéaire	50
4.9	Dérivée, primitive(s)	52

5	Commandes spécifiques des lois de probabilités	55
5.1	Lois continues	55
5.1.1	Aires sous les courbes continues	55
5.1.2	Loi normale	55
5.1.3	Loi exponentielle	56
5.1.4	Loi du khi deux	57
5.1.5	Loi de Student	57
5.1.6	Loi de Fischer	58
5.2	Lois discrètes	59
5.2.1	Loi binomiale	59
5.2.2	Loi de Poisson	61
5.2.3	Loi géométrique	62
5.2.4	Loi hypergéométrique	63
6	Commandes spécifiques des méthodes intégrales	65
6.1	Méthodes géométriques	65
6.2	Méthode de Monte-Carlo	67
7	Commandes spécifiques des statistiques	70
7.1	Limitations	70
7.2	Courbe des ECC/FCC (1 variable)	70
7.3	Le nuage de points (2 variables)	71
7.4	La droite de régression (2 variables)	72
7.5	Autres régressions (2 variables)	73
8	Courbes paramétriques, courbes polaires	76
8.1	Courbes paramétriques	76
8.2	Courbes polaires	78
9	Commandes complémentaires (expérimentales)	80
9.1	Valeurs interdites	80
9.2	Voisinages	81
9.3	Coniques	84
9.4	Transformations	87
9.4.1	Translation	87
9.4.2	Réflexion	88
9.5	Taylor	91
9.6	Familles de courbes	93
9.6.1	Définition et tracé dans l'environnement	93
9.6.2	Fonctionnement hors/dans environnement	94
9.7	Graphiques semi-logarithmiques et log-log (expérimental)	96
9.7.1	Environnements	96
9.7.2	Exemples	96
9.8	Nuages de points avec transformation	99
9.9	Lecture de fichiers CSV	101
9.9.1	Tracer directement depuis un CSV	101
9.9.2	Créer des listes depuis un CSV	102
9.10	Courbes implicites (LuaLaTeX)	103
9.10.1	Principe	103
9.10.2	Syntaxe	103
9.10.3	Exemples	103

10 Commandes numériques	105
10.1 Introduction	105
10.2 Analyse	105
10.2.1 Maximum, minimum	105
10.2.2 Taux d'accroissement, nombre dérivée	105
10.2.3 Intégrale numérique (méthode de Simpson)	106
10.2.4 Résolution approchée par dichotomie	106
10.2.5 Seuil d'une suite récurrente	107
10.3 Probabilités	107
10.3.1 Lois discrètes	107
10.3.2 Lois continues	109
10.3.3 Quantiles	110
10.3.4 Intervalles de fluctuation et de confiance	111
10.4 Statistiques	111
10.4.1 Paramètres statistiques	111
10.4.2 Moyenne et écart-type	112
10.5 Sommes de termes de suites	112
10.5.1 Somme générale	112
10.5.2 Somme d'une suite arithmétique	113
10.5.3 Somme d'une suite géométrique	113
10.5.4 Somme d'une suite récurrente	113
10.6 Taux d'évolution	114
10.6.1 Taux d'évolution	114
10.6.2 Taux réciproque	114
10.6.3 Taux moyen	114
11 Codes source des exemples de la page d'accueil	116
12 Commandes auxiliaires	118
12.1 Intro	118
12.2 Arrondi formaté	118
12.3 Gestion de listes	118
12.4 Nombre aléatoire sous contraintes	119
12.5 Tableaux de valeurs	121
12.5.1 Génération du corps	121
12.5.2 Tableau complet avec <code>tabularray</code>	122
13 Liste des commandes	124
13.1 Environnement, axes et grilles	124
13.2 Courbes, suites	124
13.3 Outils graphiques	124
13.4 Intégrales, probabilités, statistiques	125
13.5 Courbes polaires, paramétriques	125
13.6 Coniques	125
13.7 Commandes diverses	125
14 Quelques commandes liées à pgfplots	126
14.1 Introduction	126
14.2 Macros spécifique pgfplots/axis	126
14.3 Exemple illustré	127
15 Historique	129

1 Introduction

1.1 Description et idées générales

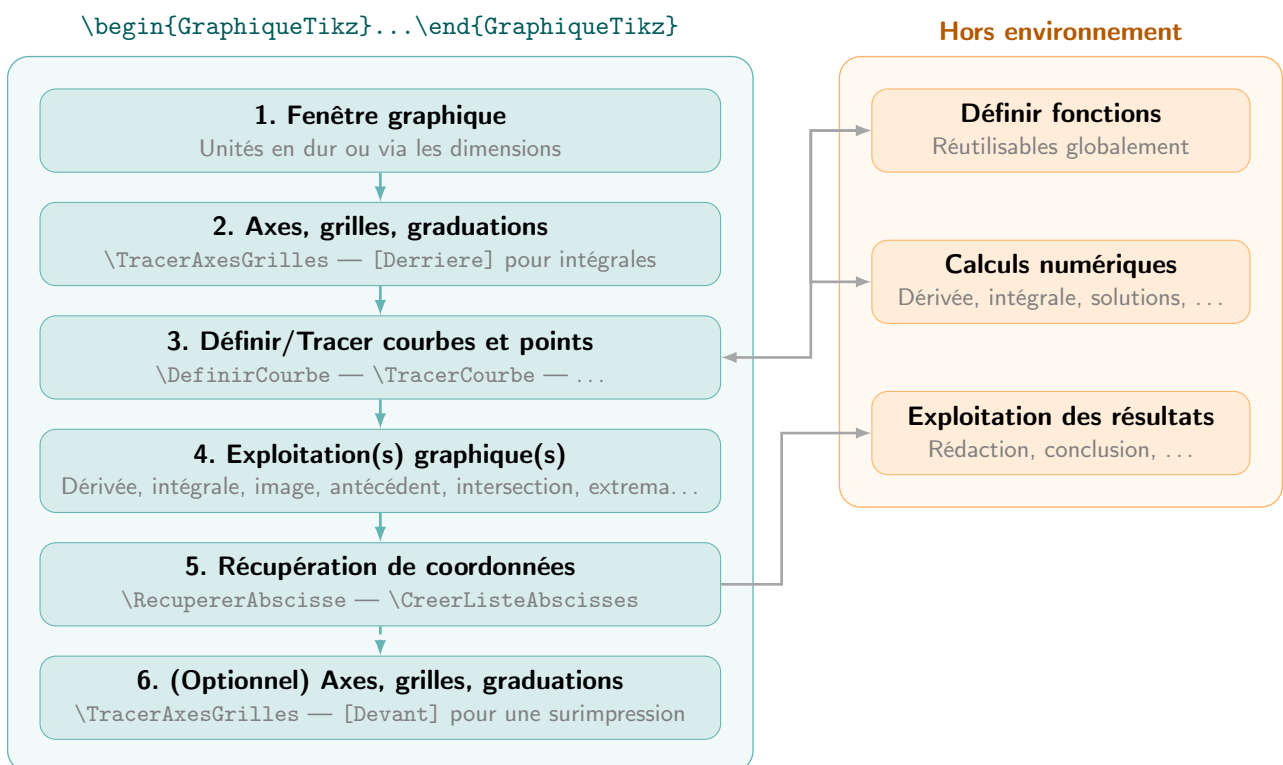
Avec ce modeste package, loin des capacités offertes par exemple par les excellents packages `pgfplots`¹, `tkz-*`² (d'Alain Matthes) ou `tzplot`³ (de In-Sung Cho), il est possible de travailler sur des graphiques de fonctions, en langage TikZ, de manière *intuitive* et *explicite*.

Concernant le fonctionnement global :

- des styles particuliers pour les objets utilisés ont été définis (modifiables localement) ;
- le nom des commandes est sous forme *opérationnelle*, de sorte que la construction des éléments graphiques a une forme quasi *algorithmique*.

1.2 Fonctionnement global

Pour schématiser le fonctionnement global du package :



1.3 Packages utilisés, et options du package

Le package utilise :

- `tikz`, avec les bibliothèques `calc`, `intersections`, `patterns`, `patterns.meta`, `bbox` ;
- `simplekv`, `xintexpr`, `xstring`, `listofitems` ;
- `pgfplots`, avec la bibliothèque `fillbetween` (désactivable via `[nonpgfplots]`) ;
- `xint-regression`⁴ (pour les régressions, désactivable via `[nonxintreg]`).

Le package charge également `siunitx` avec les options classiques `[fr]`, mais il est possible de ne pas le charger en utilisant l'option `[nonsiunitx]`.

1. CTAN : <https://ctan.org/pkg/pgfplots>

2. par exemple `tkz-base` <https://ctan.org/pkg/tkz-base> et `tkz-fct` <https://ctan.org/pkg/tkz-fct>.

3. CTAN : <https://ctan.org/pkg/tzplot>.

4. CTAN : <https://ctan.org/pkg/xint-regression>.

1.4 Chargement du package

Le package charge également la librairie TikZ `babel`, mais il est possible de ne pas la charger en utilisant l'option `[nontikzbabel]`.

Les différentes options sont bien évidemment cumulables.

```
%chargement par défaut
\usepackage{tkz-grapheur}

%chargement sans sinuitx, à charger manuellement
\usepackage[nonsiunitx]{tkz-grapheur}

%chargement sans tikz.babel
\usepackage[nontikzbabel]{tkz-grapheur}

%chargement sans pgfplots + options compat
\usepackage[nonpgfplots]{tkz-grapheur}
\pgfplotsset{compat=...}
```

À noter également que certaines commandes peuvent utiliser des packages comme `nicefrac`, qui sera donc à charger le cas échéant.

Concernant la partie *calculs* et *tracés*, c'est le package `xint` qui s'en occupe.

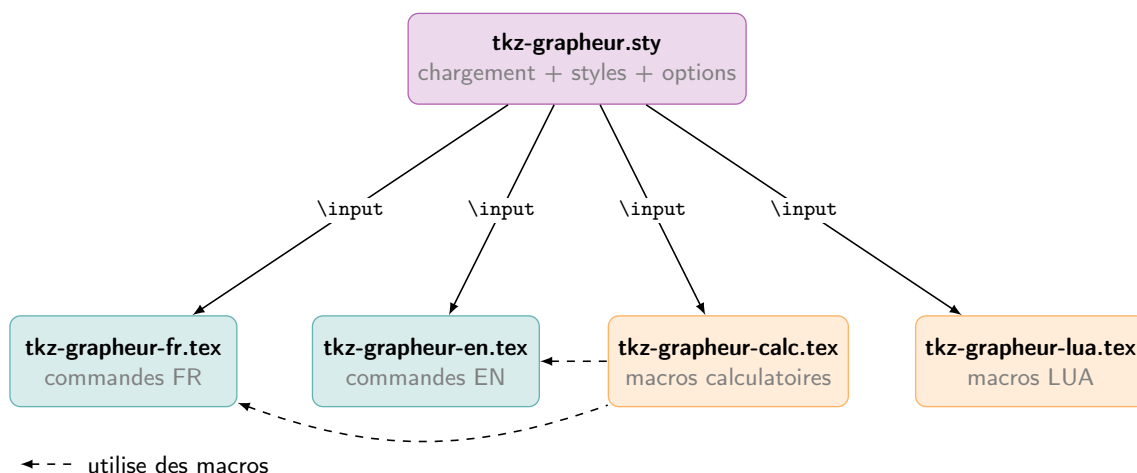
1.5 Avertissements

Il est possible, dû aux calculs (multiples) effectués en interne, que le temps de compilation soit un peu *allongé*.

La précision des résultats (de détermination) semble être aux environs de 10^{-4} , ce qui devrait normalement garantir des tracés et lectures *satisfaisantes*. Il est quand même conseillé d'être prudent quant aux résultats obtenus et ceux attendus.

1.6 Architecture du package

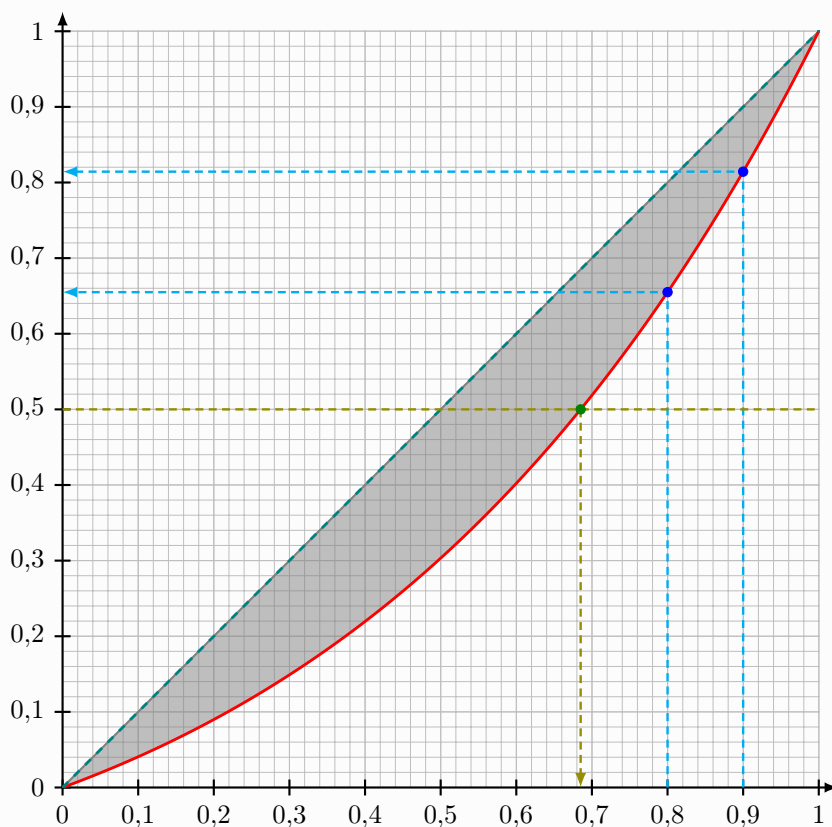
Afin de faciliter la maintenance et l'évolution du package, les commandes sont organisées en trois fichiers distincts, chargés automatiquement par `tkz-grapheur.sty` : les commandes graphiques en français et en anglais d'une part, les macros de calcul d'autre part.



1.7 Exemple introductif

On peut par exemple partir de l'exemple suivant, pour *illustrer* le cheminement des commandes de ce package. Les commandes et la syntaxe seront détaillées dans les sections suivantes !

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=10cm,y=10cm,Xmin=0,Xmax=1.001,Xgrille=0.1,Xgrilles=0.02,
Ymin=0,Ymax=1.001,Ygrille=0.1,Ygrilles=0.02]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]%
{0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1}
{0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1}
\DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=0,Fin=1]<f>{x*exp(x-1)}
\DefinirCourbe[Nom=delta,Debut=0,Fin=1]<D>{x}
\TracerIntegrale[Type=fct/fct]{f(x)}[D(x)]{0}{1}
\TracerCourbe[Couleur=red]{f(x)}
\TracerCourbe[Couleur=teal,StyleTrace=dashed]{D(x)}
\PlacerImages[Couleurs=blue/cyan,Traits]{f}{0.8,0.9}
\PlacerAntecedents[Couleurs=green!50!black/olive,Traits]{cf}{0.5}
\end{GraphiqueTikz}
```



2 Styles de base et création de l'environnement

2.1 Styles de base

Les styles utilisés pour les tracés sont donnés ci-dessous.

Dans une optique de *simplicité*, seule la couleur des éléments peut être paramétrée, mais si l'utilisateur le souhaite, il peut redéfinir les styles proposés.

```
%paramètres déclarés et stockés (utilisables dans l'environnement a posteriori)
\tikzset{
  Xmin/.store in=\pflxmin,Xmin/.default=-3,Xmin=-3,
  Xmax/.store in=\pflxmax,Xmax/.default=3,Xmax=3,
  Ymin/.store in=\pflymin,Ymin/.default=-3,Ymin=-3,
  Ymax/.store in=\pflymax,Ymax/.default=3,Ymax=3,
  Origx/.store in=\pfl0x,Origx/.default=0,Origx=0,
  Origy/.store in=\pfl0y,Origy/.default=0,Origy=0,
  Xgrille/.store in=\pflgrilleX,Xgrille/.default=1,Xgrille=1,
  Xgrillei/.store in=\pflgrillexi,Xgrillei/.default=1,Xgrillei=1,
  Xgrilles/.store in=\pflgrillexs,Xgrilles/.default=0.5,Xgrilles=0.5,
  Ygrille/.store in=\pflgrilleY,Ygrille/.default=1,Ygrille=1,
  Ygrillei/.store in=\pflgrilleyi,Ygrillei/.default=1,Ygrillei=1,
  Ygrilles/.store in=\pflgrilleys,Ygrilles/.default=0.5,Ygrilles=0.5
}
```

On retrouve donc :

- l'origine du repère (`Origx/Origy`);
- les valeurs extrêmes des axes (`Xmin/Xmax/Ymin/Ymax`);
- les paramètres des grilles principales et secondaires (`Xgrille/Xgrilles/Ygrille/Ygrilles`).

À noter que, depuis la version 0.2.8, un troisième niveau de grille est accessible, via les valeurs `Xgrillei/Ygrillei`.

Concernant les styles des *objets*, ils sont donnés ci-dessous.

```
%styles grilles/axes
\tikzset{pflgrillep/.style={thin,lightgray}}
\tikzset{pflgrilles/.style={very thin,lightgray}}
\tikzset{pflaxes/.style={line width=0.8pt,->,>=latex}}
```

```
%style des points (courbe / nuage / labels / montecarlo)
\tikzset{pflpoint/.style={line width=0.95pt}}
\tikzset{pflpointc/.style={radius=1.75pt}}
\tikzset{pflpointnuage/.style={radius=1.75pt}}
\tikzset{pflpointmc/.style={radius=0.875pt}}
\tikzset{pflnoeud/.style={}} %pour les inner sep par exemple :-)
\tikzset{pflcourbediscont/.style={line width=1.1pt}}
```

```
%style des courbes
\tikzset{pflcourbe/.style={line width=1.05pt}}
```

```
%style des traits (normaux, antécédents, images)
\tikzset{pfltrait/.style={line width=0.8pt}}
\tikzset{pfltraitantec/.style={line width=0.95pt,densely dashed}}
\tikzset{pfltraitimg/.style={line width=0.95pt,densely dashed,->,>=latex}}

%style des flèches
\tikzset{pflflecheg/.style={<-,>=latex}}
\tikzset{pflfleched/.style={->,>=latex}}
\tikzset{pflflechegd/.style={<->,>=latex}}
```

```
%style des constructions ECC (courbe / paramètres)
\tikzset{pfltraitsparamecc/.style={line width=0.9pt,densely dashed}}
\tikzset{pflcourbeecc/.style={line width=1.05pt}}
```

```
%style des constructions récurrence
\tikzset{pfltraitrec/.style={line width=0.8pt}}
\tikzset{pfltraitrecpointill/.style={pfltraitrec,densely dashed}}
```

L'idée est donc de pouvoir redéfinir globalement ou localement les styles, et éventuellement de rajouter des éléments, en utilisant `monstyle/.append style={...}`.

2.2 Création de l'environnement

2.2.1 Valeurs manuelles

L'environnement proposé est basé sur TikZ, de sorte que toute commande *classique* liée à TikZ peut être utilisée en marge des commandes du package !

```
\begin{GraphiqueTikz}[options tikz]<clés>
  %code(s)
\end{GraphiqueTikz}
```

Les `[options tikz]` sont les options *classiques* qui peuvent être passées à un environnement TikZ, ainsi que les clés des axes/grilles/fenêtre présentées précédemment.

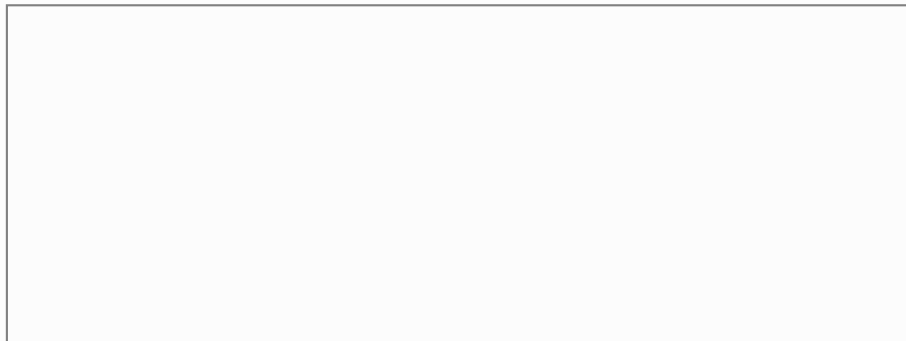
Les `<clés>` spécifiques (et optionnelles) sont :

- **TailleGrad** : taille des graduations des axes (`3pt` pour *3pt dessus* et *3pt dessous*) ;
- **Theme** : thème *couleurs* de la grille ;
- **NomFigure** : préfixe pour les nœuds de la fenêtre ;
- **AffCadre** : booléen (`false` par défaut) pour afficher un cadre qui délimite la fenêtre graphique (hors graduations éventuelles).

```

\begin{GraphiqueTikz}
  [x=0.075cm,y=0.03cm,Xmin=0,Xmax=160,Xgrille=20,Xgrilles=10,
  Origy=250,Ymin=250,Ymax=400,Ygrille=25,Ygrilles=5]
  <AffCadre>
\end{GraphiqueTikz}

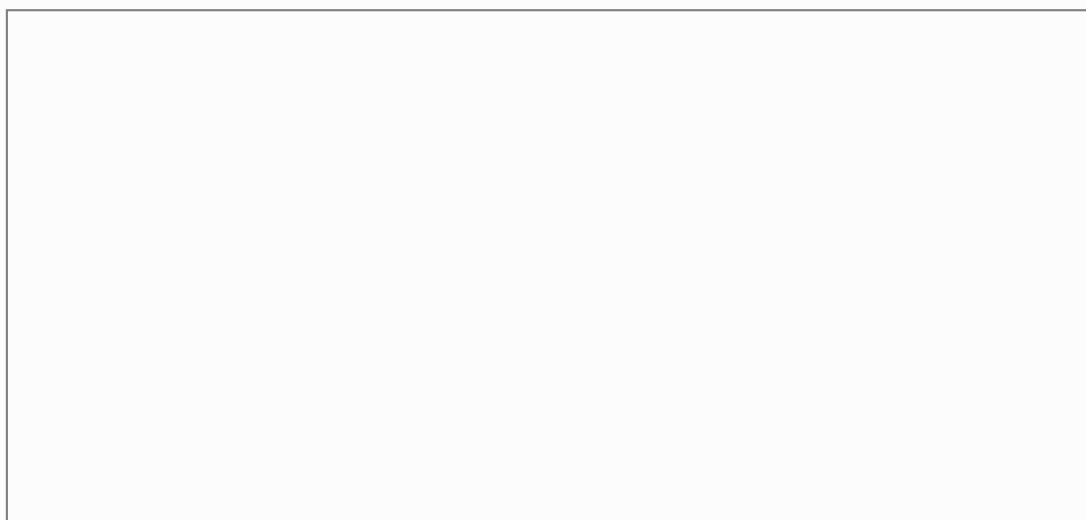
```



```

\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
  Ymin=40,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=40]
  <AffCadre>
\end{GraphiqueTikz}

```



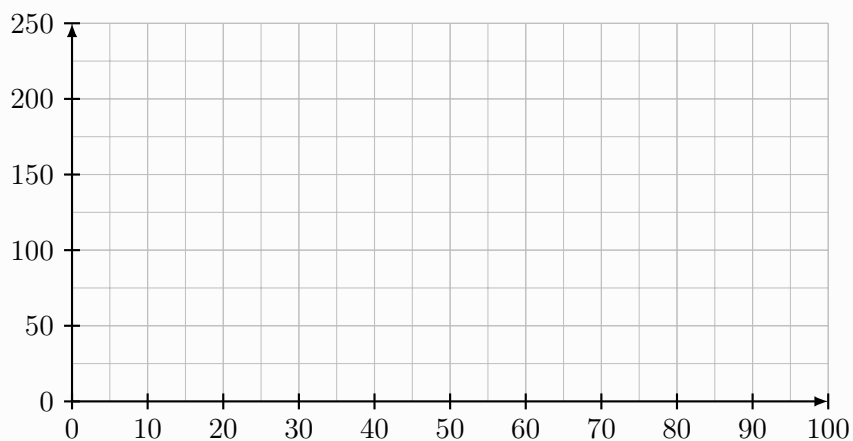
Ce sera bien évidemment plus parlant avec les éléments graphiques rajoutés !

2.2.2 Avec choix des dimensions

Il est également possible (c'est en test) de spécifier les dimensions du graphique, en laissant le code déterminer les bonnes unités.

Dans ce cas, les clés et arguments diffèrent légèrement, notamment via les clés `<Taille=larg/haut>` ainsi que les clés `<Xmin=...,Ymin=...,Xmax=...,Ymax=...>` :

```
%dimensions fixées (hors graduations)
\begin{GraphiqueTikz}%
  [Xgrille=10,Xgrilles=5,Ygrille=50,Ygrilles=25]
  %Xgrille(s) et/ou Ygrille(s) dans ce cas
  <Xmin=0,Xmax=100,Ymin=0,Ymax=250,Taille={10cm/5cm}>
  \TracerAxesGrilles[] {auto}{auto}
\end{GraphiqueTikz}
```



2.3 Grilles et axes

2.3.1 Fonctionnement global

La première commande *utile* va permettre de créer les grilles, les axes et les graduations.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerAxesGrilles[clés]{gradX}{gradY}
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

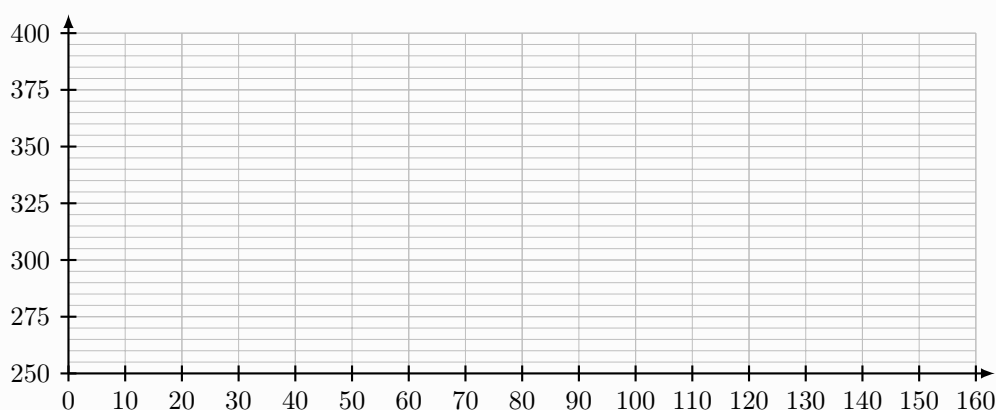
- **Grille** : booléen (**true** par défaut) pour afficher les grilles (pour une grille unique, il suffit de mettre les paramètres identiques pour **Xgrille/Xgrilles** ou **Ygrille/Ygrilles**);
- **Elargir** : rajout à la fin des axes (0 par défaut);
- **Grads** : booléen (**true** par défaut) pour les graduations;
- **Police** : police globale des graduations **vide** par défaut;
- **Format** : formatage particulier (voir en dessous) des valeurs des axes.

Concernant la clé **Format**, elle permet de spécifier un paramétrage spécifique pour les valeurs des axes. Elle peut être donnée sous la forme **fmt** pour un formatage combiné, ou sous la forme **fmtX/fmtY** pour différencier le formatage.

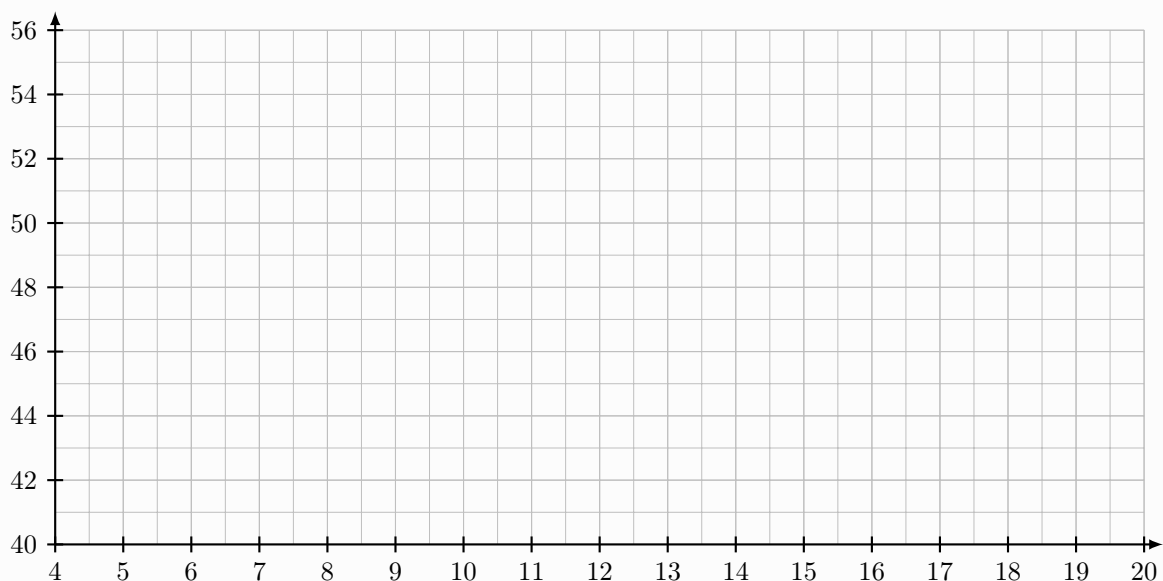
Les options possible sont :

- **num** : formater avec **siunitx**;
- **annee** : formater en année;
- **frac** : formater en fraction **frac**;
- **dfrac** : formater en fraction **dfrac**;
- **nfrac** : formater en fraction **nicefrac**; (à charger!)
- **trig** : formater en trigo avec **frac**;
- **dtrig** : formater en trigo avec **dfrac**;
- **ntrig** : formater en trigo avec **nfrac**;
- **sqrt** : formater en racine avec **frac**;
- **dsqrt** : formater en racine avec **dfrac**;
- **nsqrt** : formater en racine avec **nicefrac**.

```
\begin{GraphiqueTikz}
[x=0.075cm,y=0.03cm,Xmin=0,Xmax=160,Xgrille=20,Xgrilles=10,
Origy=250,Ymin=250,Ymax=400,Ygrille=25,Ygrilles=5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{0,10,...,160}{250,275,...,400}
\end{GraphiqueTikz}
```

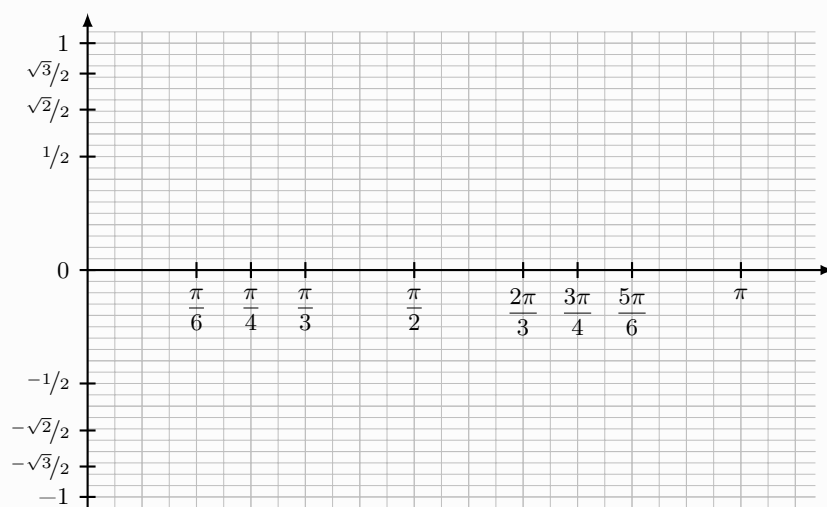


```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
Ymin=40,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=40]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{4,5,...,20}{40,42,...,56}
\end{GraphiqueTikz}
```



À noter qu'il existe les clés booléennes `[Derriere]` (sans les graduations) et `[Devant]` (sans la grille) pour afficher les axes en mode *sous/sur*-impression dans le cas d'intégrales par exemple.

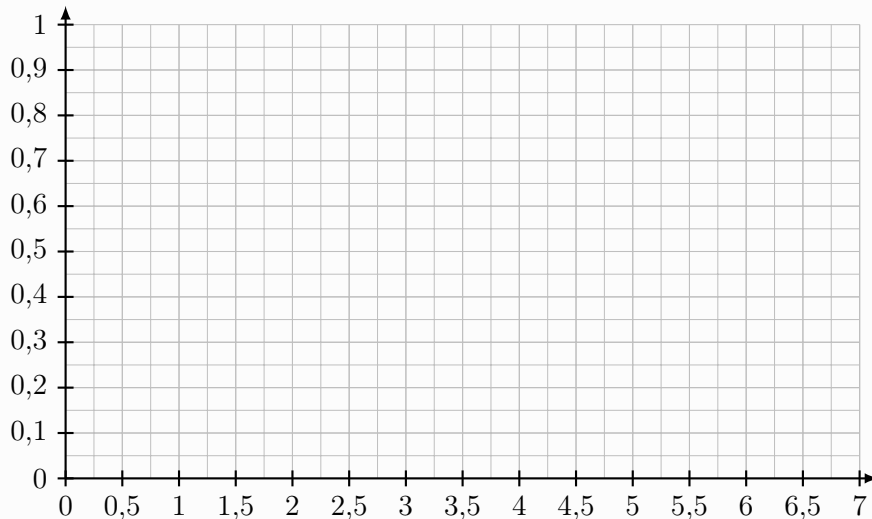
```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=2.75cm,y=3cm,
Xmin=0,Xmax=3.5,Xgrille=pi/12,Xgrilles=pi/24,
Ymin=-1.05,Ymax=1.05,Ygrille=0.2,Ygrilles=0.05]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Format=dtrig/nsqrt,Police=\footnotesize]%
{pi/6,pi/4,pi/3,pi/2,2*pi/3,3*pi/4,5*pi/6,pi}
{0,sqrt(2)/2,1/2,sqrt(3)/2,1,-1,-sqrt(3)/2,-1/2,-sqrt(2)/2}
\end{GraphiqueTikz}
```



Dans le cas où le formatage ne donne pas de résultat(s) satisfaisant(s), il est possible d'utiliser une commande générique de placement des graduations.

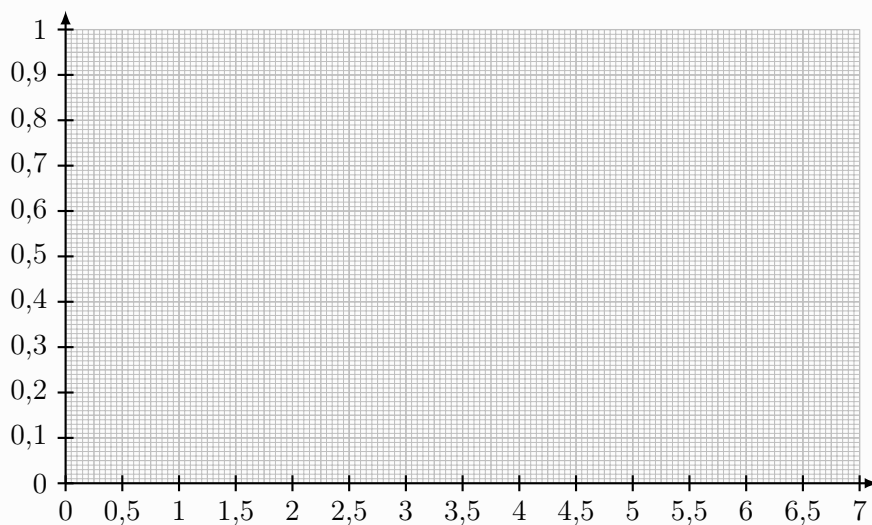
Dans le cas où les graduations sont *naturellement* définies par les données de la fenêtre et de la grille (principale), il est possible de préciser `auto` dans les arguments obligatoires (dans ce cas le formatage ne sera pas possible, et `Format=num` sera obligatoirement utilisé).

```
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=1.5cm,y=6cm,Xmin=0,Xmax=7,Xgrille=0.5,Xgrilles=0.25,
  Ymin=0,Ymax=1,Ygrille=0.1,Ygrilles=0.05]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier]{auto}{auto}
\end{GraphiqueTikz}
```



À noter qu'une clé (expérimentale), `[Grille Intermediaire]`, permet d'afficher un troisième niveau de grille, définie par `[Xgrillei=...,Ygrillei=...]`.

```
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=1.5cm,y=6cm,Xmin=0,Xmax=7,Xgrille=0.5,Xgrillei=0.25,Xgrilles=0.05,
  Ymin=0,Ymax=1,Ygrille=0.1,Ygrillei=0.05,Ygrilles=0.01]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier,Grille Intermediaire]{auto}{auto}
\end{GraphiqueTikz}
```



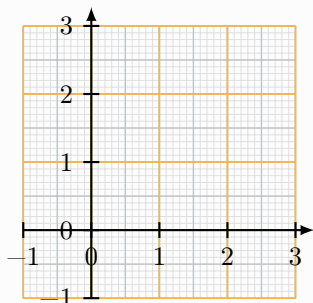
2.3.2 Thème de couleurs de la grille

Il existe de plus 6 thèmes prédéfinis de couleurs pour les grilles, parmi :

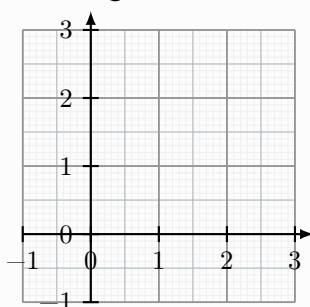
`<Theme=standard/gris/bleu/vert/chaud/contraste>`.

```
\begin{GraphiqueTikz}[options]<Theme=...>
...
\end{GraphiqueTikz}
```

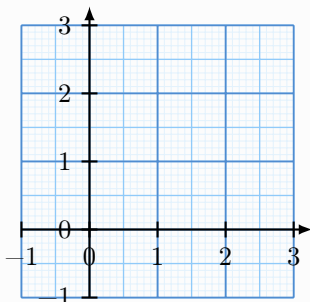
Theme=standard



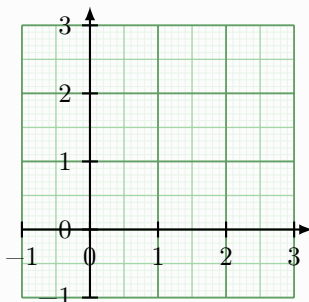
Theme=gris



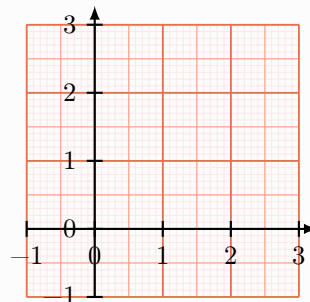
Theme=bleu



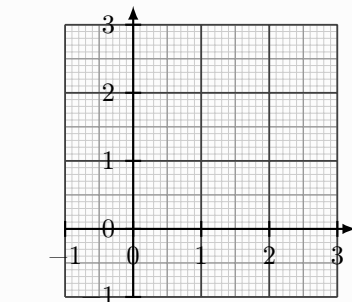
Theme=vert



Theme=chaud



Theme=contraste



Les épaisseurs des traits pour ce type de grille sont données (et modifiables) via :

```
\setlength\pflthickgridp{0.65pt}    %épaisseur grille principale
\setlength\pflthickgridi{0.5pt}     %épaisseur grille intermédiaire
\setlength\pflthickgrids{0.35pt}    %épaisseur grille secondaire
```

2.4 Ajout de valeurs manuellement

Il est également possible d'utiliser une commande spécifique pour placer des valeurs sur les axes, indépendamment d'un système *automatisé* de formatage.

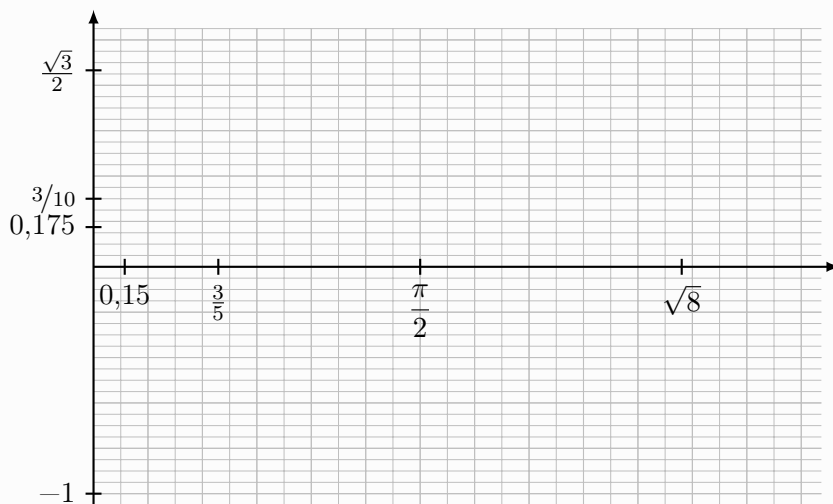
```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\RajouterValeursAxeX[clés]{positions}{valeurs formatées}
\RajouterValeursAxeY[clés]{positions}{valeurs formatées}
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

- **Police** : police globale des graduations **vide** par défaut ;
- **Traits** : booléen pour ajouter les traits des graduations **true** par défaut.

Les arguments obligatoires correspondent aux abscisses (en langageTikZ) et aux labels (en langage L^AT_EX) des graduations.

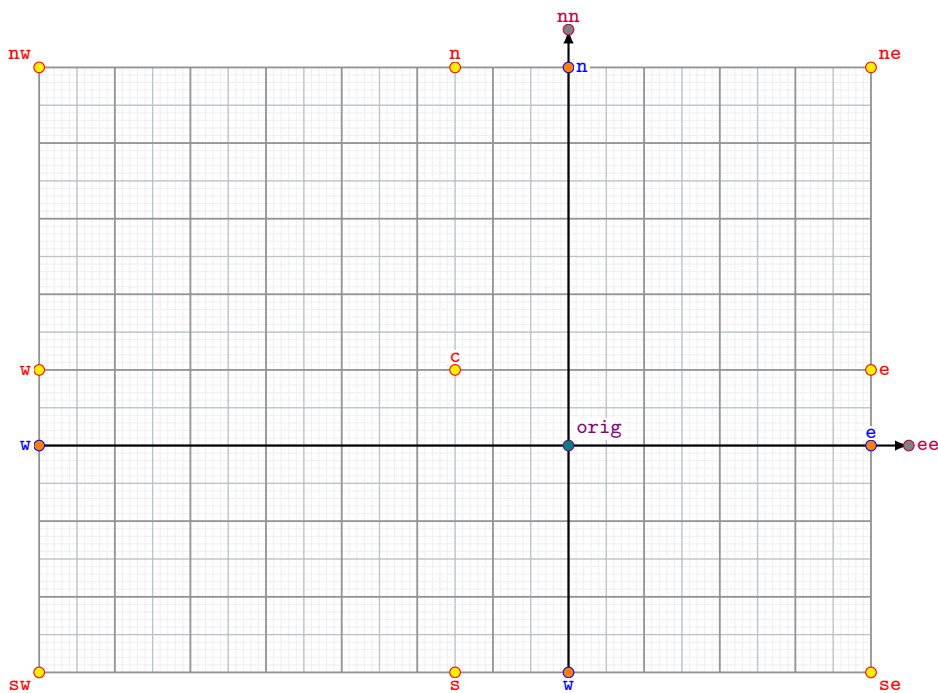
```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=2.75cm,y=3cm,
Xmin=0,Xmax=3.5,Xgrille=pi/12,Xgrilles=pi/24,
Ymin=-1.05,Ymax=1.05,Ygrille=0.2,Ygrilles=0.05]
\TracerAxesGrilles[Grad=false,Elargir=2.5mm,]{ }
\RajouterValeursAxeX
{0.15,0.6,pi/2,2.8284}
{\num{0.15},$\frac{3}{5}$,$\displaystyle\frac{\pi}{2}$,$\sqrt{8}$}
\RajouterValeursAxeY
{-1,0.175,0.3,sqrt(3)/2}
{\num{-1},\num{0.175},$\nicefrac{3}{10}$,$\frac{\sqrt{3}}{2}$}
\end{GraphiqueTikz}
```



2.5 Nœuds liés à la fenêtre et aux axes

En marge de la création de la fenêtre (et éventuellement des axes), des nœuds sont créés pour réutilisation ultérieure (placement de texte par exemple).

- 9 nœuds liés à la fenêtre :
 - (graphe-nw), (graphe-n), (graphe-ne) ;
 - (graphe-w), (graphe-c), (graphe-e) ;
 - (graphe-sw), (graphe-s), (graphe-se) ;
- 4 nœuds liés aux axes :
 - (axeox-w), (axeox-e) ;
 - (axeoy-s), (axeoy-n) ;
- 1 nœud liés à l'origine :
 - (axes-orig) ;
- 2 nœuds liés aux axes *élargis* (si nécessaire) :
 - (axeox-ee) ;
 - (axeoy-nn) .



À noter qu'avec la clé `<NomFigure=...>`, il est possible d'ajouter un préfixe pour les nœuds, pour des rajouts ultérieurs via `overlay` par exemple.

Les nœuds créés seront de ce fait accessibles via `(<nomfigure>-graphe-nw)`, etc.

3 Commandes spécifiques de définitions

3.1 Création de fonctions hors environnement

Ces commandes permettent de définir des fonctions xint accessibles en dehors d'un environnement GraphiqueTikz, notamment pour les calculs numériques ou les exercices sans graphique.

La version étoilée force une définition **globale**.

```
%fonction simple
\GenererFonction<nom>{expr}

%fonction globale (version étoilée) si besoin
\GenererFonction*<nom>{expr}
```

```
%définition hors environnement
\GenererFonction<f>{x^2+2*x-3}

%calculs sans graphique
$f(2) = \xintfloateval{f(2)}$

\tkzgCalcIntegrale*{f(x)}{0}{3}[\monres]
$\displaystyle\int_0^3 f(x)\,dx \approx \monres$

\tkzgResolApproch*{f(x)=0}{-5:0}[\myzero]
La racine négative est $x \approx \myzero$.
```

$$f(2) = 5$$
$$\int_0^3 f(x) dx \approx 9$$

La racine négative est $x \approx -2.999992370605469$.

```
%famille de fonctions
\GenererFamilleFonctions<nom famille>{expr, avec paramètre n}{début n}{fin n}

%famille globale (version étoilée)
\GenererFamilleFonctions*<nom famille>{expr, avec paramètre n}{début n}{fin n}
```

```
%définition hors environnement
\GenererFamilleFonctions<parab>{n*x^2}{1}{4}

%calculs sur un membre de la famille
$f_2(3) = \xintfloateval{parab_2(3)}$

\tkzgCalcIntegrale*{parab_3(x)}{0}{2}[\monres]
$\displaystyle\int_0^2 f_3(x)\,dx \approx \monres$
```

$$f_2(3) = 18$$
$$\int_0^2 f_3(x) dx \approx 8$$

3.2 Tracer une droite

L'idée est de proposer une commande pour tracer une droite, à partir :

- de deux points (ou nœuds) ;

- d'un point (ou nœud) et de la pente.

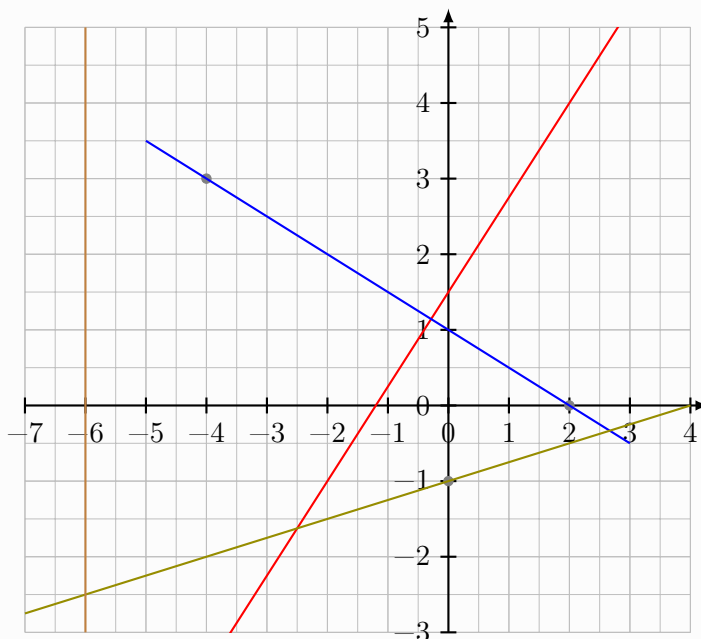
Il existe également une commande pour une asymptote verticale.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerDroite[clés]{point ou nœud}{point ou noeud ou pente}
\TracerAsymptote[clés]{abscisse}
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

- **Nom** : nom éventuel du tracé (pour réutilisation) ;
- **Pente** : booléen pour préciser que la pente est utilisée (**false** par défaut) ;
- **Debut** : début du tracé (**\pflxmin** par défaut) ;
- **Fin** : fin du tracé (**\pflxmax** par défaut) ;
- **StyleTrace** : style du tracé (**vide** par défaut) ;
- **Couleur** : couleur du tracé (**black** par défaut).

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.8cm,y=1cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirPts[Aff,Couleur=gray]{A/-4/3,B/2/0,C/0/-1}
\TracerDroite[Couleur=red]{(-2,-1)}{(2,4)}
\TracerDroite[Couleur=blue,Debut=-5,Fin=3]{(A)}{(B)}
\TracerDroite[Couleur=olive,Pente]{(C)}{0.25}
\TracerAsymptote[Couleur=brown]{-6}
\end{GraphiqueTikz}
```



3.3 Gestion de fonctions, de courbes

3.3.1 Définir une fonction, tracer la courbe d'une fonction

L'idée est de définir une fonction, pour réutilisation ultérieure. Cette commande *crée* la fonction, sans la tracer, car dans certains cas des éléments devront être tracés au préalable.

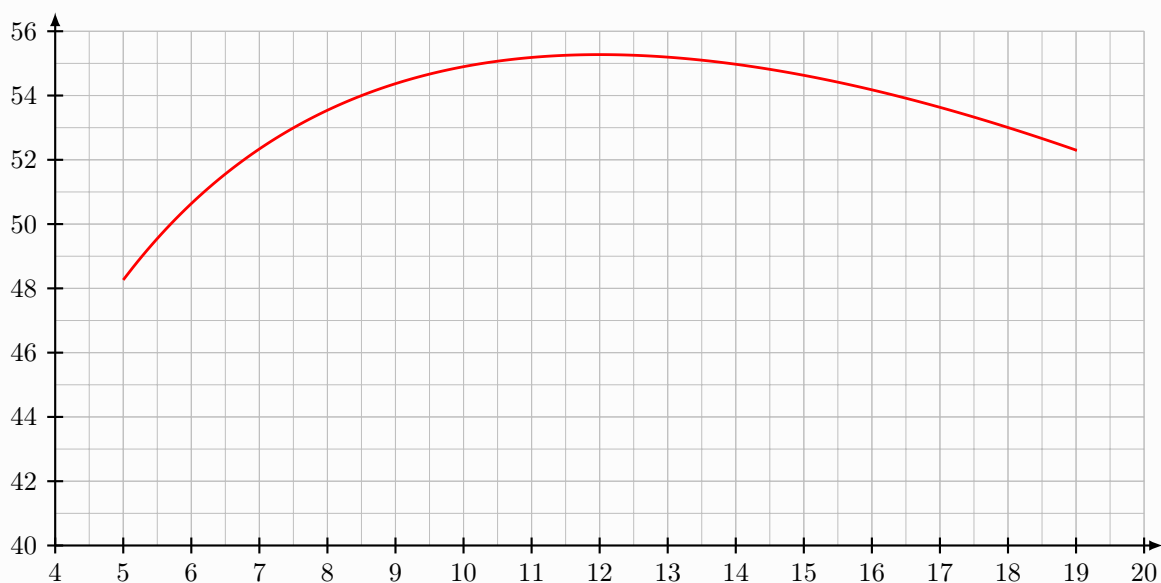
Il existe également une commande pour tracer la courbe d'une fonction précédemment définie.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\DefinirCourbe[clés]<nom fct>{formule xint}
\TracerCourbe[clés]{formule xint}
```

Les [clés] pour la définition ou le tracé, optionnelles, disponibles sont :

- **Debut** : borne inférieure de l'ensemble de définition (`\pflxmin` par défaut) ;
- **Fin** : borne inférieure de l'ensemble de définition (`\pflxmax` par défaut) ;
- **Nom** : nom de la courbe (important pour la suite!) ;
- **Couleur** : couleur du tracé (`black` par défaut) ;
- **Pas** : pas du tracé (il est déterminé *automatiquement* au départ mais peut être modifié) ;
- **StyleTrace** : style du tracé (`vide` par défaut) ;
- **Trace** : booléen pour tracer également la courbe (`false` par défaut) ;
- **DefGlobale** : booléen (`false` par défaut) pour rendre la définition de la fonction `xint` globale, accessible après l'environnement `GraphiqueTikz`.

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
Ymin=40,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=40]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{4,5,...,20}{40,42,...,56}
%définition de la fonction + tracé de la courbe
%la fonction ln a été créée pour xint !
\DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=5,Fin=19]<f>{-2*x+3+24*ln(2*x)}
\TracerCourbe[Couleur=red,Debut=5,Fin=19]{f(x)}
%ou en une seule commande si "suffisant"
%\DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=5,Fin=19,Trace]<f>{-2*x+3+24*ln(2*x)}
\end{GraphiqueTikz}
```



3.3.2 Définir/tracer une courbe d'interpolation (simple)

Il est également possible de définir une courbe via des points supports, donc une courbe d'interpolation simple.

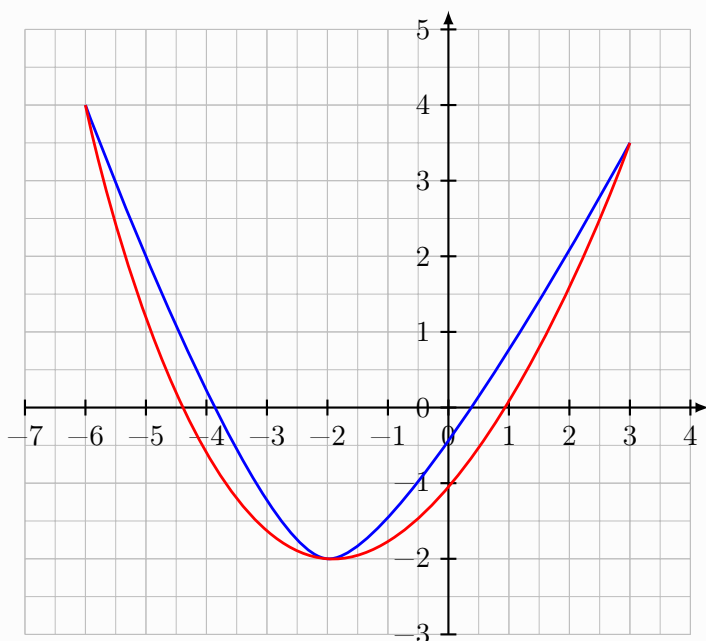
```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\DefinirCourbeInterpo[clés]{liste des points support}
\TracerCourbeInterpo[clés]{liste des points support}
```

Les [clés] pour la définition ou le tracé, optionnelles, disponibles sont :

- **Nom** : nom de la courbe d'interpolation (important pour la suite!);
- **Couleur** : couleur du tracé (**black** par défaut);
- **Tension** : paramétrage de la *tension* du tracé d'interpolation (**0.5** par défaut);
- **StyleTrace** : style du tracé (**vide** par défaut);
- **Trace** : booléen pour tracer également la courbe (**false** par défaut).

L'argument obligatoire permet quant à lui de spécifier la liste des points supports sous la forme (x1,y1)(x2,y2)...

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.8cm,y=1cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{-7,-6,...,4}{-3,-2,...,5}
%courbes d'interpolation simples (avec tension diff)
\DefinirCourbeInterpo[Nom=interpotest,Couleur=blue,Trace]%
{(-6,4)(-2,-2)(3,3.5)}
\DefinirCourbeInterpo[Nom=interpotest,Couleur=red,Trace,Tension=1]%
{(-6,4)(-2,-2)(3,3.5)}
\end{GraphiqueTikz}
```



3.3.3 Définir/tracer une courbe d'interpolation (Hermite)

Il est également possible de définir une courbe via des points supports, donc une courbe d'interpolation avec contrôle de la dérivée.

Certaines exploitations demandant des techniques différentes suivant le type de fonction utilisée, une clé booléenne `Spline` permettra au code d'adapter ses calculs suivant l'objet utilisé.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\DefinirCourbeSpline[clés]{liste des points support}[\macronomspline]
\TracerCourbeSpline[clés]{liste des points support}[\macronomspline]
```

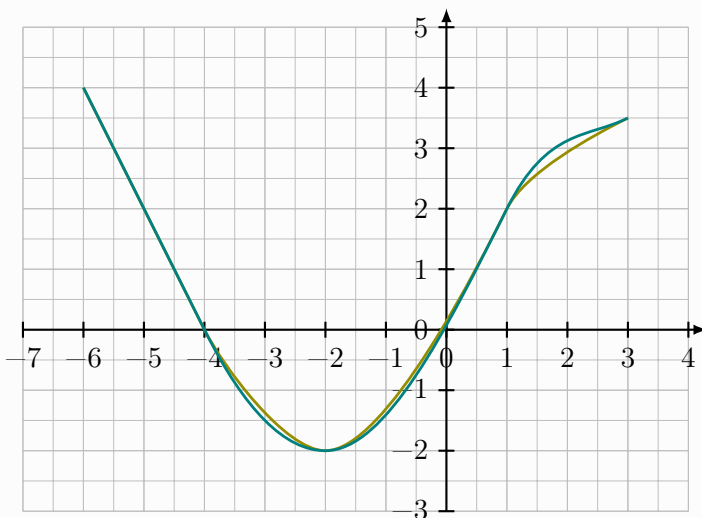
Les [clés] pour la définition ou le tracé, optionnelles, disponibles sont :

- **Nom** : nom de la courbe d'interpolation (important pour la suite!);
- **Coeffs** : modifier (voir la documentation de ProfLycee⁵ pour les *coefficients* du spline);
- **Couleur** : couleur du tracé (`black` par défaut);
- **Trace** : booléen pour tracer également la courbe (`false` par défaut);
- **StyleTrace** : style du tracé (`vide` par défaut);
- **Alt** : booléen pour activer une autre *méthode de calcul* (`false` par défaut).

L'argument obligatoire permet quant à lui de spécifier la liste des points supports sous la forme `x1/y1/f'1§x2/y2/f'2§...` avec :

- `xi/yi` les coordonnées du point;
- `f'i` la dérivée au point support.

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.8cm,y=0.8cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{-7,-6,...,4}{-3,-2,...,5}
%définition de la liste des points support du spline
\def\LISTETEST{-6/4/-2§-5/2/-2§-4/0/-2§-2/-2/0§1/2/2§3/3.5/0.5}
%définition et tracé du spline cubique (x2)
\DefinirCourbeSpline[Nom=splinetest,Trace,Couleur=olive]{\LISTETEST}
\DefinirCourbeSpline[Alt,Nom=splinetest,Trace,Couleur=teal]{\LISTETEST}
\end{GraphiqueTikz}
```



5. CTAN : <https://ctan.org/pkg/proflycee>

3.3.4 Définir/tracer une courbe d'interpolation (Lagrange)

Il est également possible de définir une courbe d'interpolation de Lagrange (merci à *JF Burnol* pour son aide!).

L'idée est d'utiliser une commande permettant de générer le polynôme de Lagrange, utilisable comme une fonction `xint` à l'aide des commandes classiques

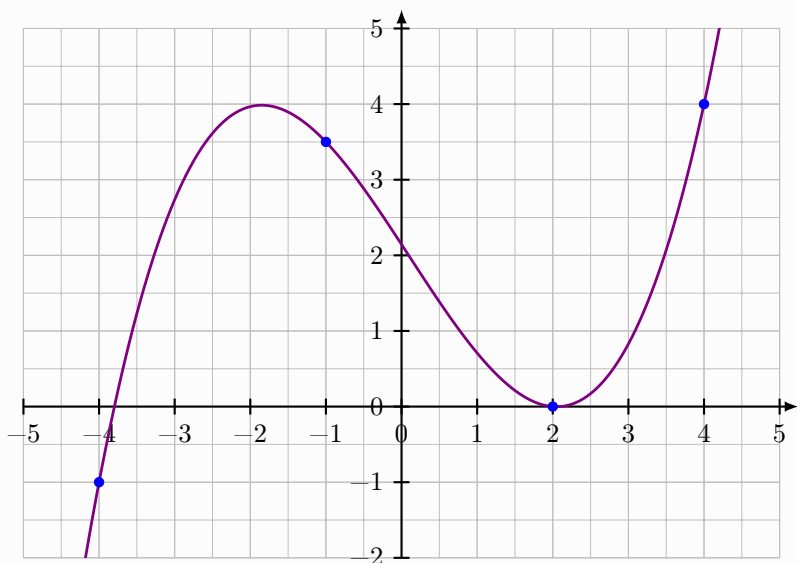
```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\GenererPolynomeLagrange[nom fonction]{liste X}{liste Y}
\TracerCourbe[clés]{f(x)}
```

par défaut, le nom de la fonction définie est `polylagrange`, mais il peut être modifié.

Une clé (booléenne) spécifique lors du tracé, `RestreindreY`, permet de limiter les valeurs verticales liées au phénomène de Runge.

Une commande spécifique de placements des points est également disponible, afin de conserver la syntaxe de la commande de génération.

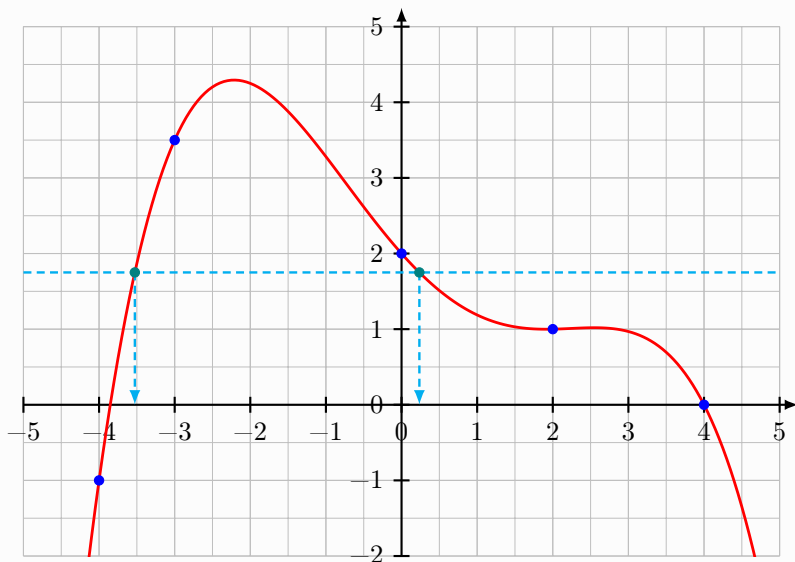
```
\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-2,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{auto}{auto}
  \GenererPolynomeLagrange{-4,-1,2,4}{-1,3.5,0,4}
  \TracerCourbe[Couleur=violet]{polylagrange(x)}
  \MarquerPtsLagrange*[Couleur=blue]{-4,-1,2,4}{-1,3.5,0,4}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-2,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{auto}{auto}
  \GenererPolynomeLagrange{-4,-3,0,2,4}{-1,3.5,2,1,0}
  \TracerCourbe[Couleur=red,Nom=cf]{polylagrange(x)}
  \MarquerPtsLagrange*[Couleur=blue]{-4,-3,0,2,4}{-1,3.5,2,1,0}
  \PlacerAntecedents[Couleurs=teal/cyan,Traits,Nom=P0]{cf}{1.75}
\end{GraphiqueTikz}

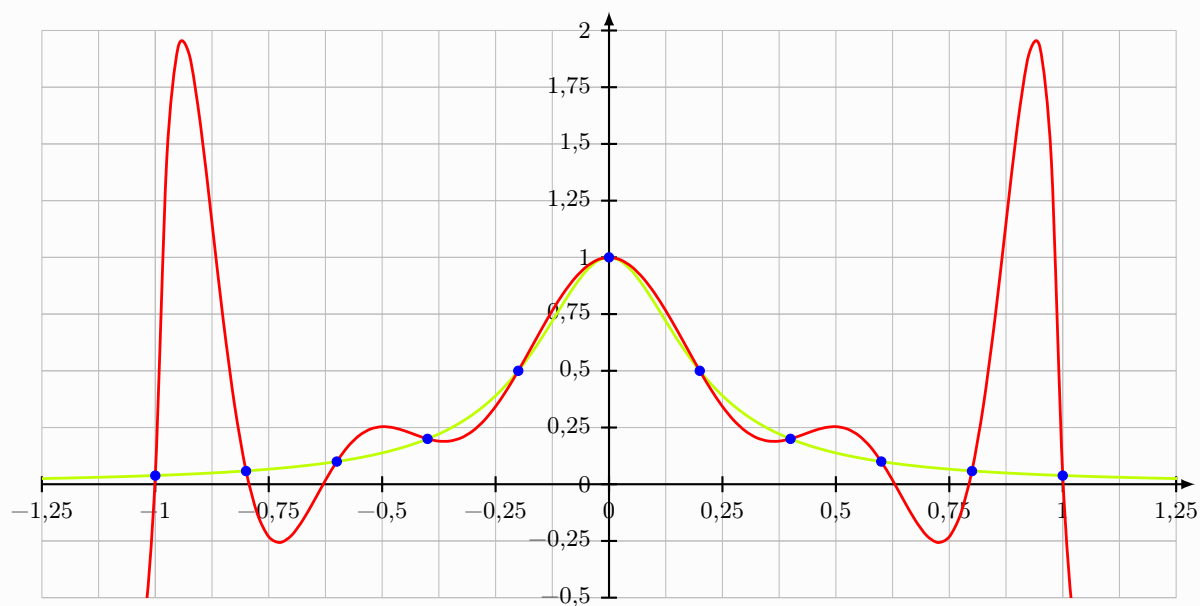
```



```

\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=6cm,y=3cm,Xmin=-1.25,Xmax=1.25,Ymin=-0.5,Ymax=2,
  Xgrille=0.125,Xgrilles=1,Ygrille=0.25,Ygrilles=0.25]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\footnotesize]%
  {-1.25,-1,...,1.25}%
  {auto}
  \GenererPolynomeLagrange%
  {seq(i,i=-1..[0.2]..1)}           %langage xint :-)
  {seq(1/(1+25*i^2),i=-1..[0.2]..1)} %langage xint :-)
  \TracerCourbe[Couleur=lime]{1/(25*x^2+1)}
  \TracerCourbe[Couleur=red,RestreindreY]{polylagrange(x)}
  \MarquerPtsLagrange*[Couleur=blue]%
  {-1,-0.8,-0.6,-0.4,-0.2,0,0.2,0.4,0.6,0.8,1}%
  {0.038,0.058,0.1,0.2,0.5,1.0,0.5,0.2,0.1,0.058,0.038}
\end{GraphiqueTikz}

```



3.4 Gestion de points

3.4.1 Définir des points sous forme de nœuds

La seconde idée est de travailler avec des nœuds *TikZ*, qui pourront être utiles pour des tracés de tangentes, des représentations d'intégrales...

Il est également possible de définir des nœuds pour des points *image*.

Certaines commandes (explicités ultérieurement) permettent de déterminer des points particuliers des courbes sous forme de nœuds, donc il semble intéressant de pouvoir en définir directement.

```
%par les coordonnées  
\DefinirPts[clés]{Nom1/x1/y1,Nom2/x2/y2,...}
```

Les `[clés]`, optionnelles, disponibles sont :

- `Aff` : booléen pour marquer les points (`false` par défaut) ;
- `Couleur` : couleur des points, si `Aff=true` (`black` par défaut).

```
%sous forme d'image  
\DefinirImage[clés]{objet}{abscisse}
```

Les `[clés]`, optionnelles, disponibles sont :

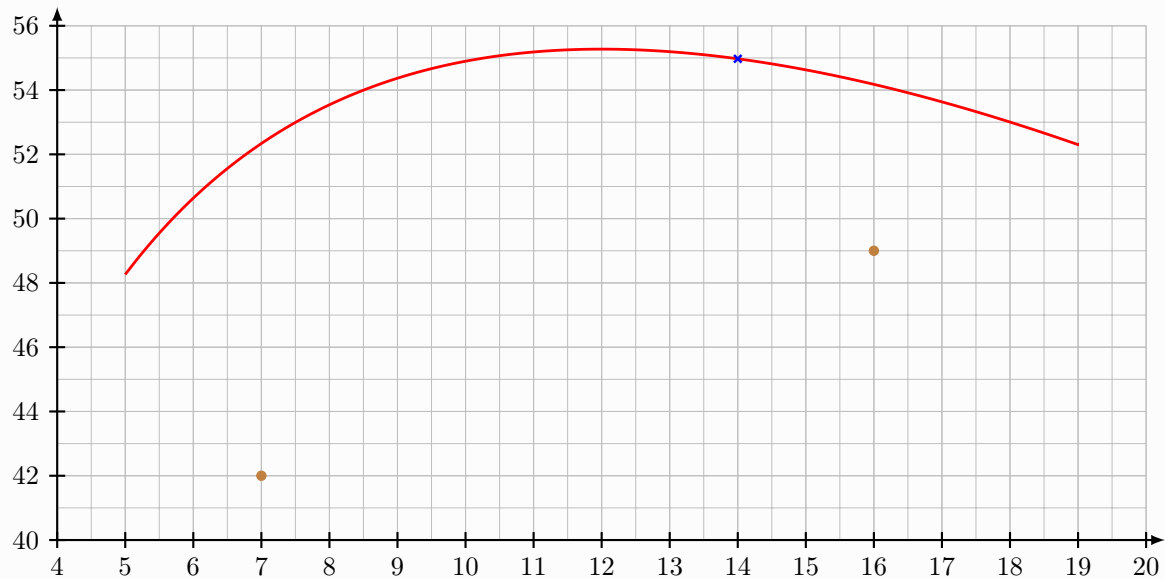
- `Nom` : nom du nœud (`vide` par défaut) ;
- `Spline` : booléen pour spécifier qu'un spline est utilisé (`false` par défaut).

Le premier argument obligatoire est l'*objet* considéré (nom de la courbe pour le spline, fonction sinon) ; le second est l'abscisse du point considéré.

```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
Ymin=40,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=40]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{4,5,...,20}{40,42,...,56}
%définition de la fonction + tracé de la courbe
\DefinirFonction[Nom=cf,Debut=5,Fin=19,Trace,Couleur=red]<f>{-2*x+3+24*log(2*x)}
%nœuds manuels
\DefinirPts[Aff,Couleur=brown]{A/7/42,B/16/49}
%nœud image
\DefinirImage[Nom=IMGf]{f}{14}
\MarquerPts*[Style=x,Couleur=blue]{(IMGf)}
\end{GraphiqueTikz}

```



3.4.2 Marquage de points

L'idée est de proposer de quoi marquer des points avec un style particulier.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\MarquerPts(*)[clés]<police>{liste}
```

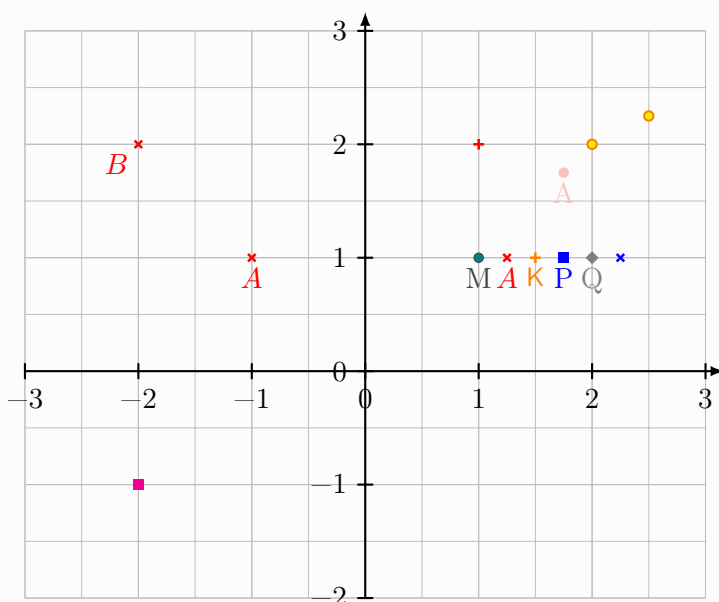
La version *étoilée* marque les points sans les « noms », alors que la version *non étoilée* les affiche :

- dans le cas de la version *étoilée*, la liste est à donner sous la forme `(ptA),(ptB),...` ;
- sinon, la liste est à donner sous la forme `(ptA)/labelA/poslabelA,...`.

Les `[clés]`, optionnelles, disponibles sont :

- **Couleur** : couleur (`black` par défaut) ;
- **Style** : style des marques (`o` par défaut).

```
\begin{GraphiqueTikz}[x=1.5cm,y=1.5cm,Ymin=-2]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirPts{A/1.75,-1.25}\MarquerPts[Couleur=pink]{(A)/A/below} %rond (par défaut)
\MarquerPts[Style=ggb,Couleur=darkgray/teal]{(1,1)/M/below}
\MarquerPts[Couleur=red,Style=x]{(1.25,1)/$A$/below} %croix
\MarquerPts[Couleur=orange,Style=+]{(1.5,1)/K/below} %plus
\MarquerPts[Couleur=blue,Style=c]{(1.75,1)/P/below} %carré
\MarquerPts[Couleur=gray,Style=d]{(2,1)/Q/below} %diamant
\MarquerPts*[Couleur=orange/yellow]{(2,2),(2.5,2.25)} %rond bicolore
\MarquerPts*[Style=+,Couleur=red]{(1,2)}
\MarquerPts*[Style=x,Couleur=blue]{(2.25,1)}
\MarquerPts*[Style=c,Couleur=magenta]{(-2,-1)}
\MarquerPts[Couleur=red,Style=x]{(-1,1)/$A$/below,(-2,2)/$B$/below left}
\end{GraphiqueTikz}
```



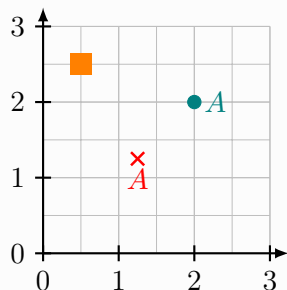
À noter qu'il est également possible de modifier la taille des marques `o/x/+/c` via les `[clés]` :

- **Taille_x**=... (2pt par défaut) pour les points *croix* ;
- **Taille_o**=... (1.75pt par défaut) pour les points *cercle* ;
- **Taille_c**=... (2pt par défaut) pour les points *carré*.

```

\begin{GraphiqueTikz}[x=1cm,y=1cm,Xmin=0,Ymin=0]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \MarquerPts[Couleur=red,Style=x,Taille=3.5pt]{(1.25,1.25)/$A$/below}
  \MarquerPts[Couleur=teal,Taille=2.5pt]{(2,2)/$A$/right}
  \MarquerPts*[Couleur=orange,Style=c,Taille=4pt]{(0.5,2.5)}
\end{GraphiqueTikz}

```



3.4.3 Marquer des points de discontinuité

Il est possible de marquer des points de discontinuité, mais c'est commande est *déconnectée* des commandes de tracé de courbes/splines.

```

%dans l'environnement GraphiqueTikz
\AfficherPtsDiscont[clés]{liste}

```

Le premier argument, *optionnel* et entre [...], contient les **Clés** suivantes :

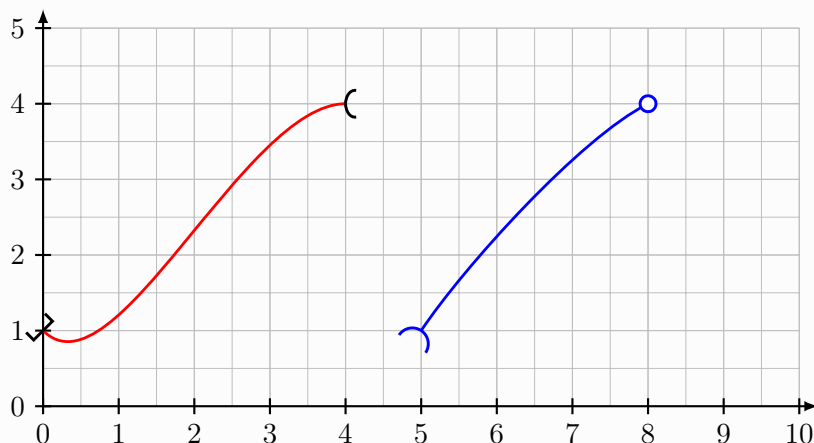
- **Couleur=...** (black par défaut) ;
- **Pos=...** (D par défaut) pour choisir la position de la discontinuité (parmi G/D) ;
- **Echelle=...** (1 par défaut) pour modifier l'échelle du symbole ;
- **Type=...** (par par défaut) pour choisir le type de symbole, parmi par/cro/rond/demirond.

Le second argument, obligatoire et entre {...} permet de préciser la liste des points en lesquels le symbole de discontinuité sera positionné, sous la forme $x_1/y_1/d_1 \S x_2/y_2/d_2 \S \dots$ avec les points $(x_i; y_i)$ et $f'(x_i)=d_i$.

```

\begin{GraphiqueTikz}[x=1cm,y=1cm,Xmin=0,Xmax=10,Ymin=0,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DefinirCourbeSpline[Trace,Couleur=red]{0/1/-1 § 4/4/0}
  \AfficherPtsDiscont{4/4/0}
  \AfficherPtsDiscont[Pos=G,Type=cro]{0/1/-1}
  \DefinirCourbeSpline[Trace,Couleur=blue]{5/1/1.5 § 8/4/0.5}
  \AfficherPtsDiscont[Couleur=blue,Type=rond]{8/4/0.5}
  \AfficherPtsDiscont[Couleur=blue,Pos=G,Type=demirond,Echelle=2]{5/1/1.5}
\end{GraphiqueTikz}

```



3.5 Récupérer les coordonnées de nœuds

Il est également possible, dans l'optique d'une réutilisation de coordonnées, de récupérer les coordonnées d'un nœud (défini ou déterminé).

Les calculs étant effectués en flottant en fonction des unités (re)calculées, les valeurs sont donc approchées !

```

%dans l'environnement GraphiqueTikz
\RecupererAbscisse{nœud}[\macrox]
\RecupererOrdonnee{nœud}[\macroy]
\RecupererCoordonnees{nœud}[\macrox][\macroy]

```

3.6 Placer du texte

À noter qu'une commande de placement de texte est disponible.

```

%dans l'environnement GraphiqueTikz
\PlacerTexte[clés]{(nœud ou coordonnées)}{texte}

```

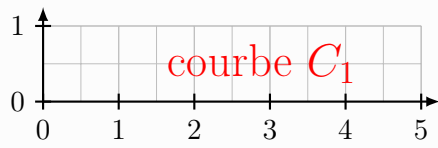
Les [clés] disponibles sont :

- `Police=...` (`\normalsize\normalfont` par défaut) pour la police ;
- `Couleur=...` (`black` par défaut) pour la couleur ;
- `Position=...` (`vide` par défaut) pour la position du texte par rapport aux coordonnées.

```

\begin{GraphiqueTikz}[x=1cm,y=1cm,Xmin=0,Xmax=5,Ymin=0,Ymax=1]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \PlacerTexte[Couleur=red,Police=\LARGE,Position=right]{(1.5,0.5)}{courbe  $C_1$ }
\end{GraphiqueTikz}

```



4 Commandes spécifiques d'exploitation des courbes

4.1 Placement d'images

Il est possible de placer des points (images) sur une courbe, avec traits de construction éventuels. La fonction/courbe utilisée doit avoir été déclarée précédemment pour que cette commande fonctionne.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\PlacerImages[clés]{fonction ou courbe}{liste d'abscisses}
```

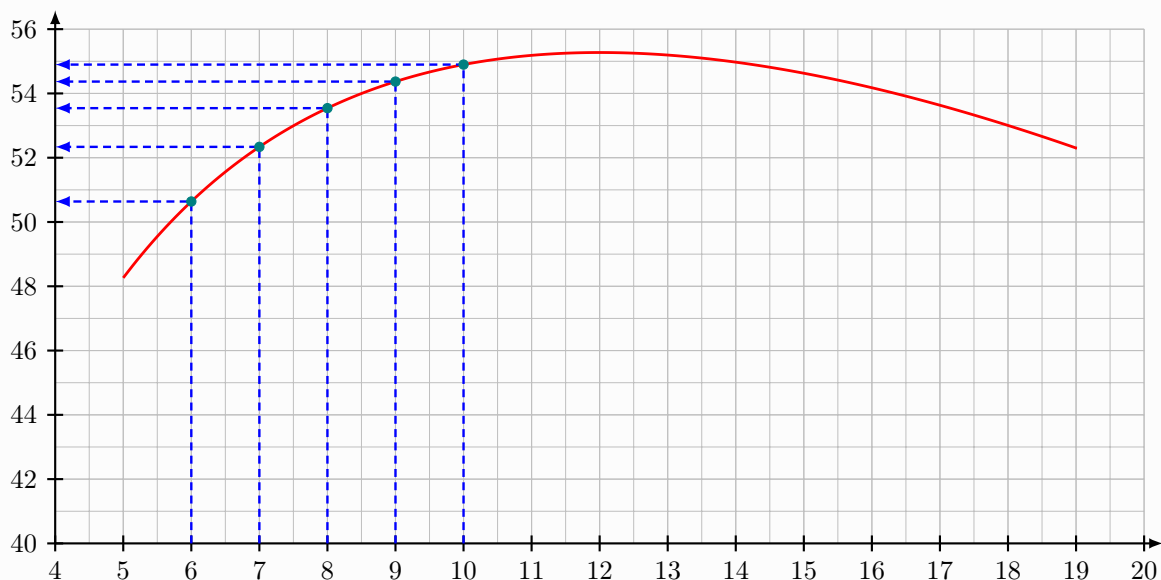
Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

- **Traits** : booléen pour afficher les traits de construction (**false** par défaut) ;
- **Couleurs** : couleur des points/traits, sous la forme **Couleurs** ou **CouleurPoint/CouleurTraits** ;
- **Spline** : booléen pour préciser que la courbe utilisée est définie comme un **spline** (**false** par défaut).

Le premier argument obligatoire, permet de spécifier :

- le nom de la courbe dans la cas **Spline=true** ;
- le nom de la fonction sinon.

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
Ymin=40,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=40]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{4,5,...,20}{40,42,...,56}
%définition de la fonction + tracé de la courbe
\DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=5,Fin=19,Trace,Couleur=red]<f>{-2*x+3+24*log(2*x)}
%images
\PlacerImages[Traits,Couleurs=teal/blue]{f}{6,7,8,9,10}
\end{GraphiqueTikz}
```



4.2 Antécédents

4.2.1 Détermination d'antécédents

Il est possible de déterminer graphiquement les antécédents d'un réel donné.

La fonction/courbe utilisée doit avoir été déclarée précédemment pour que cette commande fonctionne.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TrouverAntecedents[clés]{courbe}{k}<\myantec>
\TrouverRacines[clés]{courbe}<\myantec>
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

- **Nom** : base du nom des **nœuds** intersection (**S** par défaut, ce qui donnera S-1, S-2, etc) ;
- **ListeRes** : permet (si non vide) de créer une macro contenant les différentes solutions ;
- **Aff** : booléen pour afficher les points (**true** par défaut) ;
- **Couleur** : couleur des points (**black** par défaut) ;
- **AffDroite** : booléen pour afficher la droite horizontale (**false** par défaut).

Le premier argument obligatoire, permet de spécifier le **nom** de la courbe.

Le second argument obligatoire, permet de spécifier la valeur à atteindre.

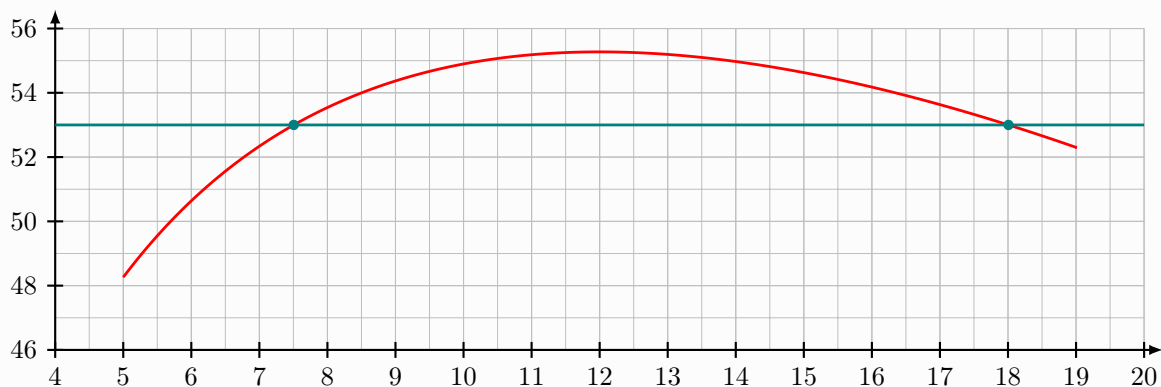
Le dernier argument, optionnel, permet de stocker le nombre d'antécédents.

À noter que **ListeRes** (nom de la **macro** dans laquelle sera stockée la liste CSV des abscisses des intersections) via **ListeRes=mesracines**, permet de créer la macro **\mesracines** exploitable ensuite via **\tkzgcCalcElementListe**, **\tkzgcCalcLongueurListe** ou **\xintFor***.

```
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
  Ymin=46,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=46]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{4,5,...,20}{46,48,...,56}
  %définition de la fonction + tracé de la courbe
  \DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=5,Fin=19,Trace,Couleur=red]<f>{-2*x+3+24*log(2*x)}
  %antécédents
  \TrouverAntecedents%
    [Couleur=teal,AffDroite,Aff,ListeRes=listesols]%
    {cf}{53}<\nbsols>
    %les deux antécédents sont aux nœuds (S-1) et (S-2)
\end{GraphiqueTikz}
```

Il y a donc **\nbsols** solutions, qui sont

\$\left\lbrace \right\listesols\right\rbrace\$.



Il y a donc 2 solutions, qui sont $\{7.505389008644637, 18.00702237827507\}$.

4.2.2 Construction d'antécédents

Il est possible de construire graphiquement les antécédents d'un réel donné.

La fonction/courbe utilisée doit avoir été déclarée précédemment pour que cette commande fonctionne.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\PlacerAntecedents[clés]{courbe}{k}
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

- **Couleurs** : couleur des points/traits, sous la forme **Couleurs** ou **CouleurPoint/CouleurTraits** ;
- **Nom** : nom *éventuel* pour les points d'intersection liés aux antécédents (vide par défaut) ;
- **Traits** : boolean pour afficher les traits de construction (**false** par défaut).

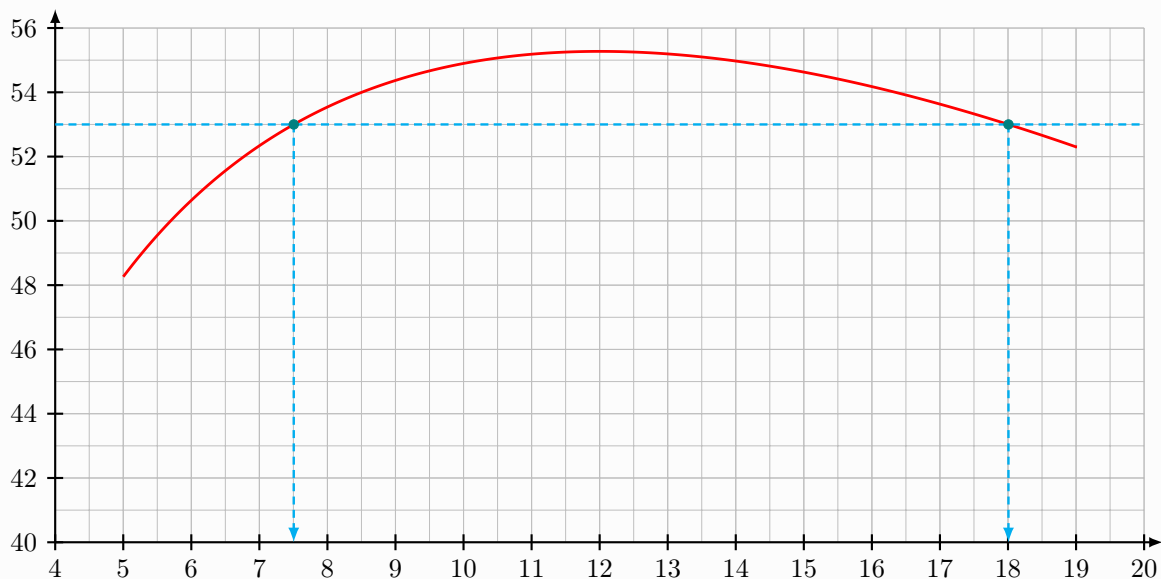
Le premier argument obligatoire, permet de spécifier le **nom** de la courbe.

Le second argument obligatoire, permet de spécifier la valeur à atteindre.

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
Ymin=40,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=40]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{4,5,...,20}{40,42,...,56}
%définition de la fonction + tracé de la courbe
\DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=5,Fin=19,Trace,Couleur=red]<f>{-2*x+3+24*log(2*x)}
%antécédents
\PlacerAntecedents[Couleurs=teal/cyan,Traits,Nom=P0]{cf}{53}
\RecupererAbscisse{(P0-1)}[\premsol]
\RecupererAbscisse{(P0-2)}[\deuxsol]
\end{GraphiqueTikz}
```

Graphiquement, les antécédents de 53 sont (environ) :

```
\begin{itemize}
\item \num{\premsol}
\item \num{\deuxsol}
\end{itemize}
```



Graphiquement, les antécédents de 53 sont (environ) :

- 7,505 389 008 644 637
- 18,007 022 378 275 07

4.3 Intersections de deux courbes

Il est également possible de déterminer (sous forme de nœuds) les éventuels points d'intersection de deux courbes préalablement définies.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TrouverIntersections[clés]{courbe1}{courbe2}<\myt>
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

- **Nom** : base du nom des **nœuds** intersection (**S** par défaut, ce qui donnera **S-1**, **S-2**, etc) ;
- **ListeRes** : permet (si non vide) de créer une macro contenant les différentes solutions ;
- **Aff** : booléen pour afficher les points (**true** par défaut) ;
- **Couleur** : couleur des points (**black** par défaut).

Le premier argument obligatoire, permet de spécifier le **nom** de la première courbe.

Le premier argument obligatoire, permet de spécifier le **nom** de la seconde courbe.

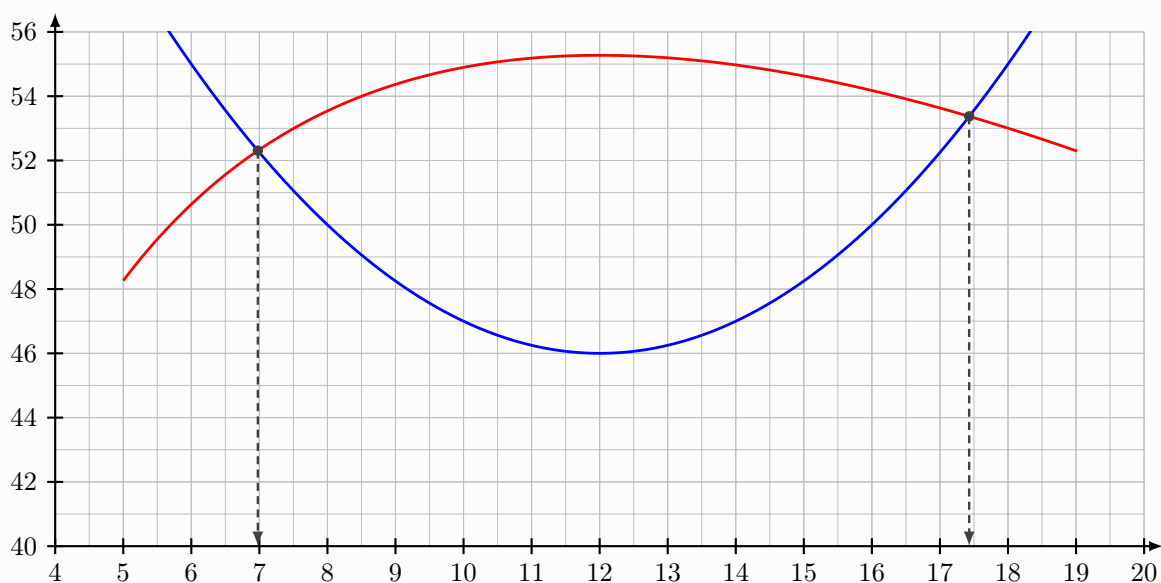
Le dernier argument, optionnel, permet de stocker le nombre d'antécédents.

À noter que **ListeRes** (nom de la **macro** dans laquelle sera stockée la liste CSV des abscisses des intersections) via **ListeRes=mesracines**, permet de créer la macro `\mesracines` exploitable ensuite via `\tkzGCalcElementListe`, `\tkzGCalcLongueurListe` ou `\xintFor*`.

```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
Ymin=40,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=40]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{4,5,...,20}{40,42,...,56}
\DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=5,Fin=19,Trace,Couleur=red]<f>{-2*x+3+24*log(2*x)}
\DefinirCourbe[Nom=cg,Debut=5,Fin=19,Trace,Couleur=blue]<g>{0.25*(x-12)^2+46}
%intersections, nommées (TT-1) et (TT-2)
\TrouverIntersections[Nom=TT,Couleur=darkgray,Aff,Traits]{cf}{cg}
%récupération des points d'intersection
\RecupererCoordonnees{(TT-1)}[\alphaA][\betaA]
\RecupererCoordonnees{(TT-2)}[\alphaB][\betaB]
\end{GraphiqueTikz}\\
Les solutions de  $f(x)=g(x)$  sont  $\alpha \approx \text{num}\{\alphaA\}$  et
 $\beta \approx \text{num}\{\alphaB\}$ .\\
Les points d'intersection des courbes de  $f$  et de  $g$  sont donc
 $(\text{ArrondirNum}[2]\{\alphaA\};\text{ArrondirNum}[2]\{\betaA\})$  et
 $(\text{ArrondirNum}[2]\{\alphaB\};\text{ArrondirNum}[2]\{\betaB\})$ .

```



Les solutions de $f(x) = g(x)$ sont $\alpha \approx 6,977\,766\,172\,581\,613$ et $\beta \approx 17,429\,687\,326\,385\,03$.
 Les points d'intersection des courbes de f et de g sont donc $(6,98; 52,31)$ et $(17,43; 53,37)$.

4.4 Extremums

L'idée (encore *expérimentale*) est de proposer des commandes pour extraire les extremums d'une courbe définie par le package.

La commande crée le nœud correspondant, et il est du coup possible de récupérer ses coordonnées pour exploitation ultérieure.

Il est possible, en le spécifiant, de travailler sur les différentes courbes gérées par le package (fonction, interpolation, spline).

Pour des courbes singulières, il est possible que les résultats ne soient pas tout à fait ceux attendus...

☛ Pour le moment, les *limitations* sont :

- pas de gestion d'extremums multiples (seul le premier sera traité)...
- pas de gestion d'extremums aux bornes du tracé...
- pas de récupération automatique des paramètres de définition des courbes...
- le temps de compilation peut être plus long...

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TrouverMaximum[clés]{objet}[nœud créé]
\TrouverMinimum[clés]{objet}[nœud créé]
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

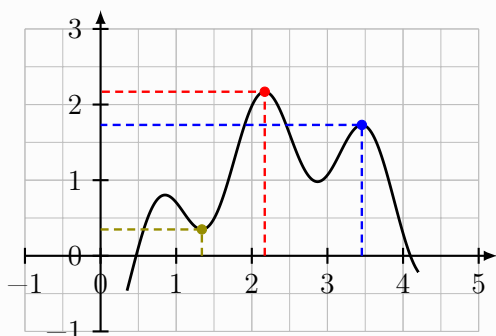
- **Methode** : méthode, parmi `fonction/interpo/spline` pour les calculs (`fonction` par défaut);
- **Debut** : début du tracé (`\pflxmin` par défaut);
- **Fin** : fin du tracé (`\pflxmax` par défaut);
- **Pas** : pas du tracé si `fonction` (il est déterminé *automatiquement* au départ mais peut être modifié);
- **Coeffs** : modifier les *coefficients* du spline si `spline`;
- **Tension** : paramétrage de la *tension* du tracé d'interpolation si `interpo`(0.5 par défaut).

```

\begin{GraphiqueTikz}[x=1cm,y=1cm,Xmin=-1,Xmax=5,Ymin=-1,Ymax=3]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=0.35,Fin=4.2,Trace]%
    <f>{0.6*cos(4.5*(x-4)+2.1)-1.2*sin(x-4)+0.1*x+0.2}
  \TrouverMaximum[Debut=0.35,Fin=4.2]{f}[cf-max]
  \TrouverMaximum[Debut=3,Fin=4]{f}[cf-maxlocal]
  \TrouverMinimum[Debut=1,Fin=2]{f}[cf-minlocal]
  \MarquerPts*[Couleur=red,Traits]{(cf-max)}
  \MarquerPts*[Couleur=blue,Traits]{(cf-maxlocal)}
  \MarquerPts*[Couleur=olive,Traits]{(cf-minlocal)}
  \RecupererCoordonnees{(cf-max)}[\MonMaxX][\MonMaxY]
\end{GraphiqueTikz}

```

Le maximum est $M \approx \text{ArrondirNum}\{\text{MonMaxY}\}$, atteint en
 $\hookrightarrow x \approx \text{ArrondirNum}\{\text{MonMaxX}\}$



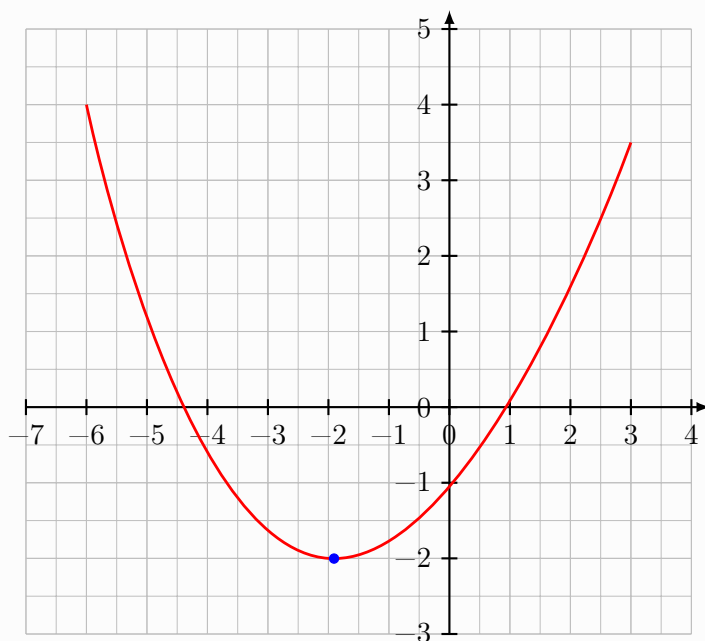
Le maximum est $M \approx 2,17$, atteint en $x \approx 2,17$

```

\begin{GraphiqueTikz}[x=0.8cm,y=1cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{-7,-6,...,4}{-3,-2,...,5}
\DefinirCourbeInterpo[Nom=interpotest,Couleur=red,Trace,Tension=1] %
{(-6,4)(-2,-2)(3,3.5)}
\TrouverMinimum[Methode=interpo,Tension=1]{(-6,4)(-2,-2)(3,3.5)}[interpo-min]
\MarquerPts*[Couleur=blue]{(interpo-min)}
\RecupererCoordonnees{(interpo-min)}[\MinInterpoX][\MinInterpoY]
\end{GraphiqueTikz}

```

Le minimum est $M \approx \text{ArrondirNum}[3]{\{\text{MinInterpoY}\}}$, atteint en
 $\hookrightarrow x \approx \text{ArrondirNum}[3]{\{\text{MinInterpoX}\}}$

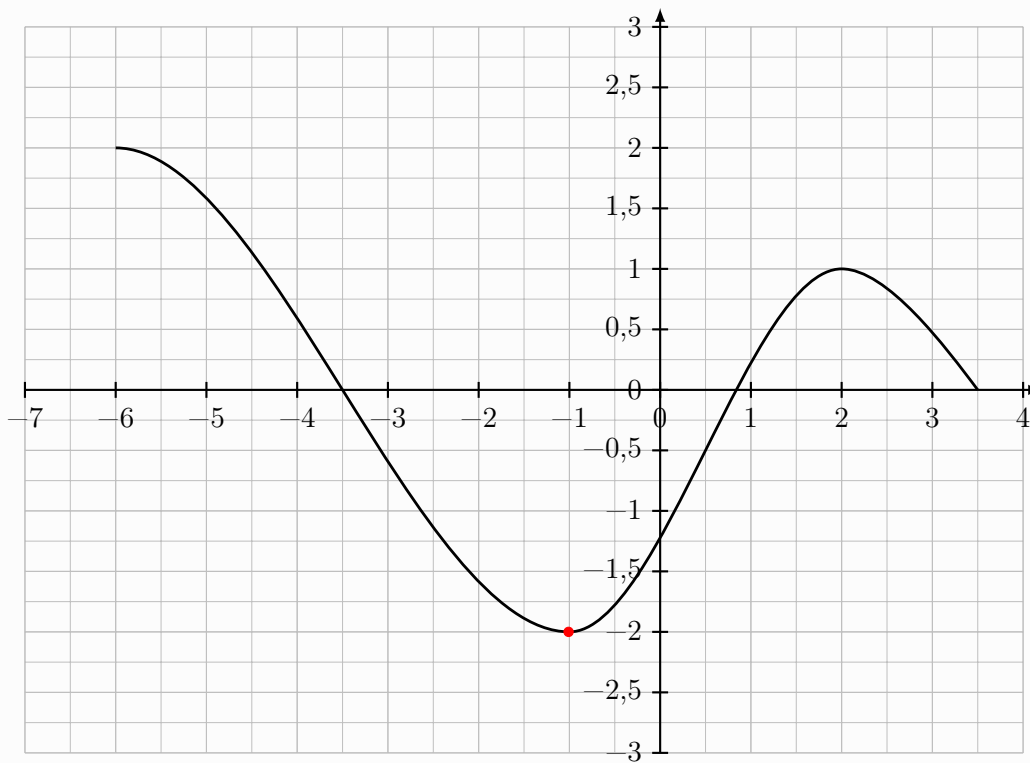


Le minimum est $M \approx -2,003$, atteint en $x \approx -1,908$

```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=1.2cm,y=1.6cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=3,Ygrille=0.5,Ygrilles=0.25]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\def\LISTETEST{-6/2/0§-1/-2/0§2/1/0§3.5/0/-1}
\DefinirCourbeSpline[Nom=splinetest,Trace]{\LISTETEST}
\TrouverMinimum[Methode=spline]{\LISTETEST}[spline-min]
\MarquerPts*[Couleur=red]{(spline-min)}
\end{GraphiqueTikz}

```



4.5 Intégrales (version améliorée)

On peut également travailler avec des intégrales.

Dans ce cas il est préférable de mettre en évidence le domaine **avant** les tracés, pour éviter la surimpression par rapport aux courbes/points.

Il est possible de :

- représenter une intégrale **sous** une courbe définie ;
- représenter une intégrale **entre** deux courbes ;
- les bornes d'intégration peuvent être des abscisses et/ou des nœuds.

☛ Compte-tenu des différences de traitement entre les courbes par formule, les courbes par interpolation simple ou les courbes par interpolation cubique, les arguments et clés peuvent différer suivant la configuration !

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerIntegrale[clés]<options spécifiques>{objet1}[objet2]{A}{B}
```

Les [clés] pour la définition ou le tracé, optionnelles, disponibles sont :

- **Couleurs** = : couleurs du remplissage, sous la forme **Couleur** ou **CouleurBord/CouleurFond** (gray par défaut) ;
- **Style** : type de remplissage, parmi **remplissage/hachures** (**remplissage** par défaut) ;
- **Opacite** : opacité (0.5 par défaut) du remplissage ;
- **Hachures** : style (**north west lines** par défaut) du remplissage hachures ;
- **Type** : type d'intégrale parmi
 - **fct** (défaut) pour une intégrale sous une courbe définie par une formule ;
 - **spl** pour une intégrale sous une courbe définie par un spline cubique ;
 - **fct/fct** pour une intégrale entre deux courbes définie par une formule ;
 - **fct/spl** pour une intégrale entre une courbe (dessus) définie par une formule et une courbe (dessous) définie par un spline cubique ;
 - etc
- **Pas** : pas (calculé par défaut sinon) pour le tracé ;
- **Jonction** : jonction des segments (**bevel** par défaut) ;
- **Bornes** : type des bornes parmi :
 - **abs** pour les bornes données par les abscisses ;
 - **noeuds** pour les bornes données par les nœuds ;
 - **abs/noeud** pour les bornes données par abscisse et nœud ;
 - **noeud/abs** pour les bornes données par nœud et abscisse ;
- **Bord** : booléen (**true** par défaut) pour afficher les traits latéraux,
- **NomSpline** : macro (important !) du spline généré précédemment pour un spline en version supérieure ;
- **NomSplineB** : macro (important !) du spline généré précédemment pour un spline en version inférieure ;
- **NomInterpo** : nom (important !) de la courbe d'interpolation générée précédemment, en version supérieure ;
- **NomInterpoB** : nom (important !) de la courbe d'interpolation générée précédemment, en version inférieure ;
- **Tension** : tension pour la courbe d'interpolation générée précédemment, en version supérieure ;
- **TensionB** : tension de la courbe d'interpolation générée précédemment, en version inférieure.

Le premier argument obligatoire est la fonction ou la courbe du spline ou la liste de points d'interpolation.

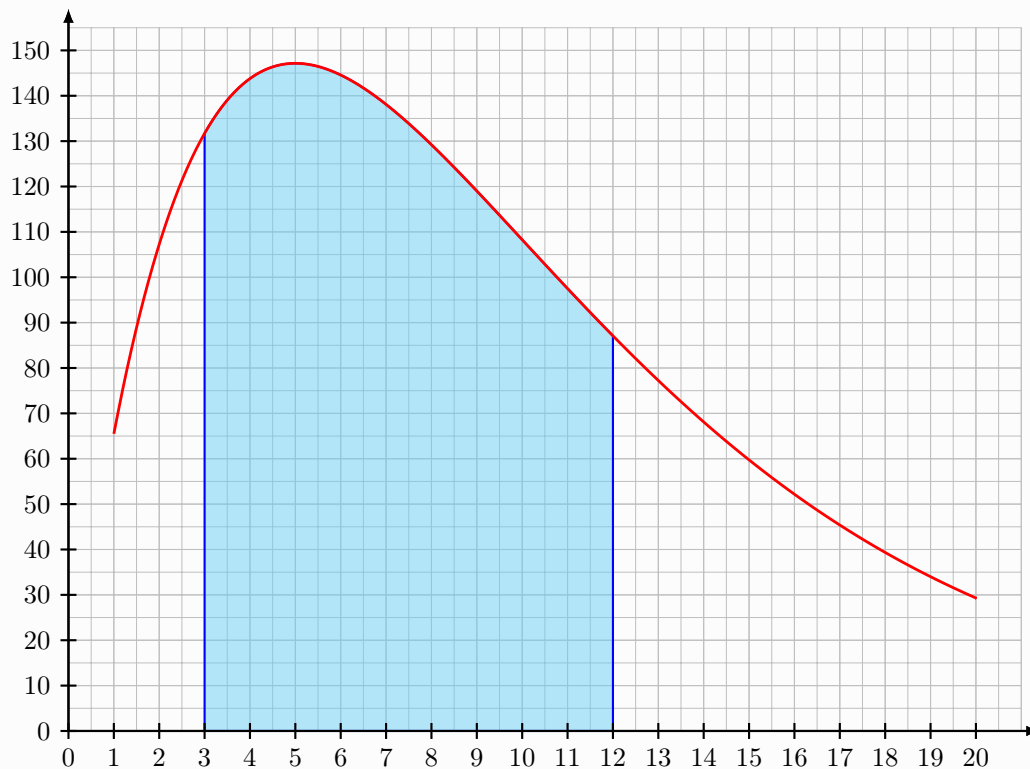
L'argument suivant, optionnel, est la fonction ou la courbe du spline ou la liste de points d'interpolation.

Les deux derniers arguments obligatoires sont les bornes de l'intégrale, données sous une forme en adéquation avec la clé **Bornes**.

Dans le cas de courbes définies par des *points*, il est nécessaire de travailler sur des intervalles sur lesquels la première courbe est **au-dessus** de la deuxième.

Il sera sans doute intéressant de travailler avec les *intersections* dans ce cas.

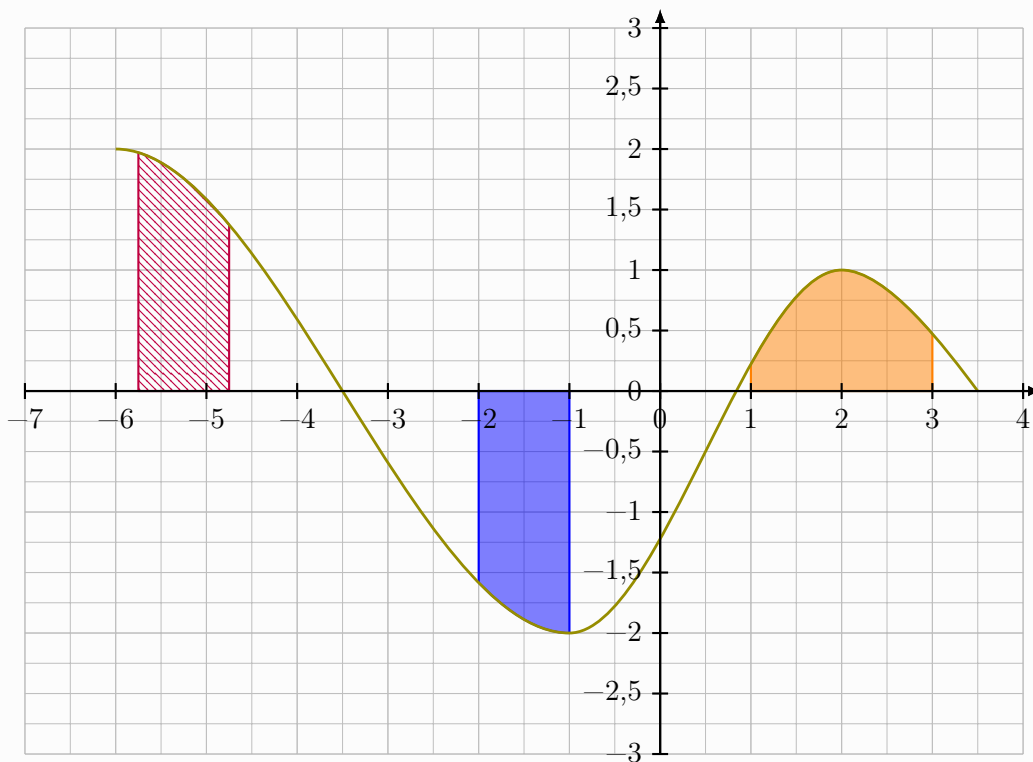
```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.6cm,y=0.06cm,
Xmin=0,Xmax=21,Xgrille=1,Xgrilles=0.5,
Ymin=0,Ymax=155,Ygrille=10,Ygrilles=5]
\TracerAxesGrilles%
[Grads=false,Elargir=2.5mm]{}{}
\DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=1,Fin=20,Couleur=red]<f>{80*x*exp(-0.2*x)}
\TracerIntegrale
[Bornes=abs,Couleurs=blue/cyan!50]%
{f(x)}{3}{12}
\TracerCourbe[Couleur=red,Debut=1,Fin=20]{f(x)}
\TracerAxesGrilles%
[Grille=false,Elargir=2.5mm,Police=\small]{0,1,...,20}{0,10,...,150}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=1.2cm,y=1.6cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=3,Ygrille=0.5,Ygrilles=0.25]
\TracerAxesGrilles[Grads=false,Elargir=2.5mm]{}{}
\def\LISTETEST{-6/2/0§-1/-2/0§2/1/0§3.5/0/-1}
\DefinirCourbeSpline[Nom=splinetest]{\LISTETEST}
\TracerIntegrale[Type=spl,Style=hachures,Couleurs=purple]{splinetest}{-5.75}{-4.75}
\TracerIntegrale[Type=spl,Couleurs=blue]{splinetest}{-2}{-1}
\TracerIntegrale[Type=spl,Couleurs=orange]{splinetest}{1}{3}
\TracerCourbeSpline[Couleur=olive]{\LISTETEST}
\TracerAxesGrilles[Grille=false,Elargir=2.5mm]
{-7,-6,...,4}%
{-3,-2.5,...,3}
\end{GraphiqueTikz}

```



4.6 Tangentes

L'idée de cette commande est de tracer la tangente à une courbe précédemment définie, en spécifiant :

- le point (abscisse ou nœud) en lequel on souhaite travailler ;
- éventuellement le direction (dans le cas d'une discontinuité ou d'une borne) ;
- éventuellement le pas (h) du calcul ;
- les *écartements latéraux* pour tracer la tangente.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerTangente[clés]{fonction ou courbe}{point}<options traits>
```

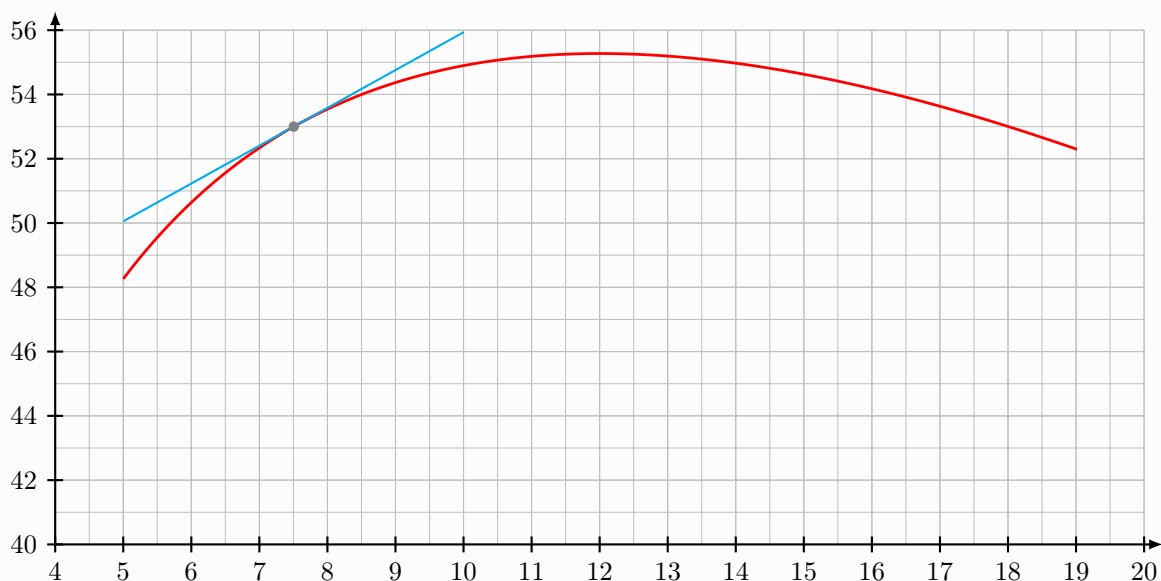
Les [clés] pour la définition ou le tracé, optionnelles, disponibles sont :

- **Couleurs** = : couleurs des tracés, sous la forme **Couleur** ou **CouleurLigne/CouleurPoint** (black par défaut) ;
- **DecG** = : écartement horizontal gauche pour débuter le tracé (1 par défaut) ;
- **DecD** = : écartement horizontal gauche pour débuter le tracé (1 par défaut) ;
- **AffPoint** : booléen pour afficher le point support (**false** par défaut) ;
- **Spline** : booléen pour préciser qu'un spline est utilisé (**false** par défaut) ;
- **h** : pas h utilisé pour les calculs (0.01 par défaut) ;
- **Sens** : permet de spécifier le *sens* de la tangente, parmi **gd/g/d** (gd par défaut) ;
- **Noeud** : booléen pour préciser qu'un nœud est utilisé (**false** par défaut).

Le premier argument obligatoire est la fonction ou la courbe du spline (le cas échéant).

Le dernier argument obligatoire est le point de travail (version abscisse ou nœud suivant la clé **Noeud**).

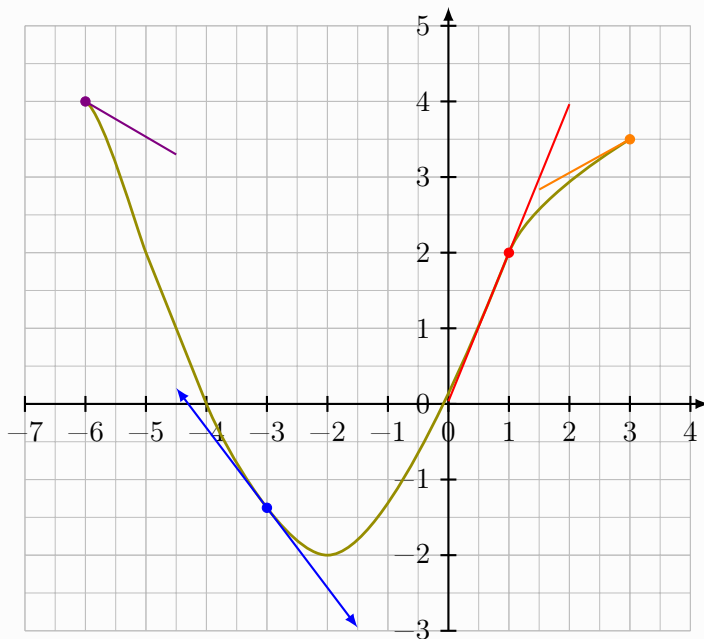
```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.9cm,y=0.425cm,Xmin=4,Xmax=20,Origx=4,
Ymin=40,Ymax=56,Ygrille=2,Ygrilles=1,Origy=40]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{4,5,...,20}{40,42,...,56}
\DefinirCourbe[Nom=cf,Debut=5,Fin=19,Couleur=red,Trace]<f>{-2*x+3+24*log(2*x)}
\TrouverAntecedents[Couleur=teal,Nom=JKL,Aff=false]{cf}{53}
%tangente
\TracerTangente%
[Couleurs=cyan/gray,DecG=2.5,DecD=2.5,Noeud,AffPoint]{f}{(JKL-1)}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.8cm,y=1cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{-7,-6,...,4}{-3,-2,...,5}
\def\LISTETEST{-6/4/-0.5§-5/2/-2§-4/0/-2§-2/-2/0§1/2/2§3/3.5/0.5}
\DefinirCourbeSpline[Nom=splinetest,Trace,Couleur=olive]{\LISTETEST}
\TracerTangente[Couleurs=red,Spline,AffPoint]{splinetest}{1}
\TracerTangente%
[Couleurs=blue,Spline,DecG=1.5,DecD=1.5,AffPoint]{splinetest}{-3}%
<pflfleche>
\TracerTangente[Sens=g,Couleurs=orange,Spline,DecG=1.5,AffPoint]{splinetest}{3}
\TracerTangente[Sens=d,Couleurs=violet,Spline,DecD=1.5,AffPoint]{splinetest}{-6}
\end{GraphiqueTikz}

```



4.7 Suites

4.7.1 Nuage de points d'une suite

Il est possible de représenter les premiers termes d'une suite sous forme de nuage de points.

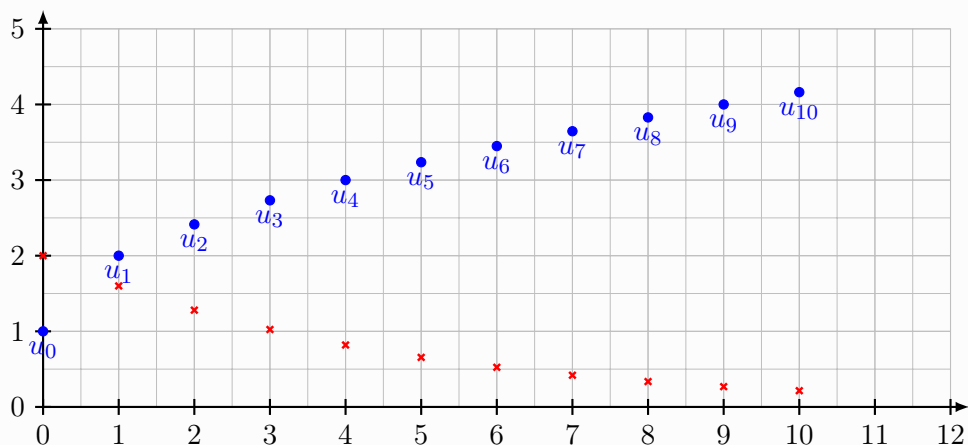
```
\TracerNuageSuite(*)[clés]{formule xint en n}
```

La version étoilée n'affiche pas le label des termes, sous la forme u_i en dessous (expérimental).

Les clés disponibles sont :

- **Debut** : indice initial (0 par défaut) ;
- **Fin** : indice final (10 par défaut) ;
- **Style** : style des points (o par défaut) ;
- **Nom** : nom de la suite (u par défaut) ;
- **TaillePts** : taille des points (1.75pt par défaut) ;
- **CouleurNuage** : couleur des points (black par défaut).

```
\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=0,Xmax=12,Ymin=0,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \TracerNuageSuite[CouleurNuage=blue,Fin=10]{sqrt(n)+1}
  \TracerNuageSuite*[CouleurNuage=red,Style=x,Fin=10]{0.8^n*2}
\end{GraphiqueTikz}
```



4.7.2 Suites récurrentes et toiles

L'idée est d'obtenir une commande pour tracer la « toile » permettant d'obtenir – graphiquement – les termes d'une suite récurrente définie par une relation $u_{n+1} = f(u_n)$.

La commande est compatible avec une fonction précédemment définie, mais également avec une courbe type *spline* précédemment définie.

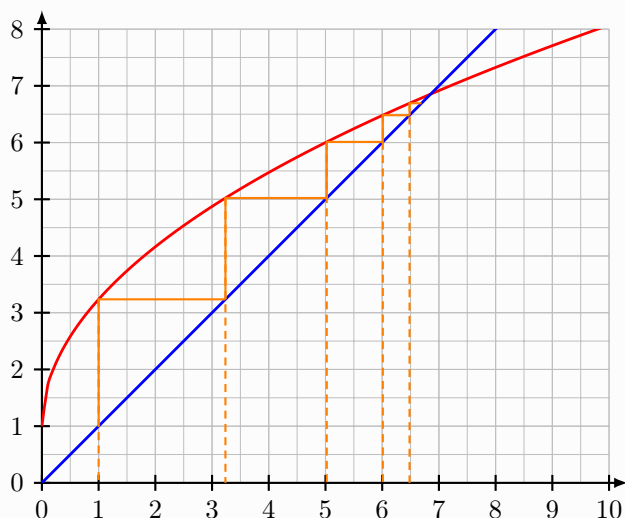
```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerToileReccurrence[clés]{fct ou courbe}
```

Le premier argument, *optionnel* et entre [...], contient les **Clés** suivantes :

- **Couleur=...** (black par défaut) ;
- **Spline=...** (false par défaut) pour spécifier qu'une courbe *spline* est utilisée ;
- **No=...** (0 par défaut) est l'indice initial ;
- **Uno=...** est qui est la valeur du terme initial (à donner obligatoirement !);
- **Nom=...** (u par défaut) est le nom de la suite ;
- **Nb=...** (5 par défaut) ;
- **AffTermes=...** (false par défaut) qui est un booléen pour afficher les termes ;
- **AffPointillés=...** (true par défaut) pour afficher les pointillés ;
- **TailleLabel=...** (\small par défaut) ;
- **PosLabel=...** (below par défaut).

Le second argument, obligatoire et entre {...} permet de préciser l'objet avec lequel il faut effectuer les tracés (fonction ou nom_courbe).

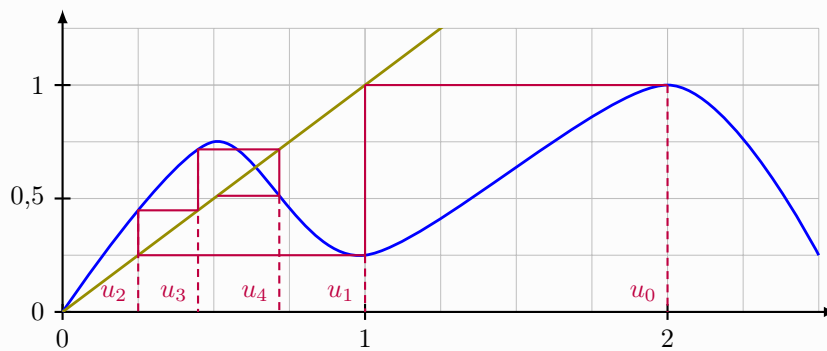
```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.75cm,y=0.75cm,Xmin=0,Xmax=10,Xgrille=1,Xgrilles=0.5,
Ymin=0,Ymax=8,Ygrille=1,Ygrilles=0.5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{auto}{auto}
\DefinirCourbe[Couleur=red,Nom=cf,Debut=0,Fin=10,Trace]<f>{\sqrt{5*x}+1}
\TracerCourbe[Couleur=blue]{x}
\TracerToileReccurrence[Couleur=orange,No=1,Uno=1]{f}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[x=4cm,y=3cm,Xmin=0,Xmax=2.5,Xgrille=1,Xgrilles=0.25,
Ymin=0,Ymax=1.25,Ygrille=0.5,Ygrilles=0.25]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{auto}{auto}
\DefinirCourbeInterpo[Nom=interpoteest,Couleur=blue,Trace]%
{(0,0)(0.5,0.75)(1,0.25)(2,1)(2.5,0.25)}
\TracerCourbe[Couleur=olive]{x}
\TracerToileRecurrence%
[AffTermes,Couleur=purple,Spline,No=0,Uno=2,PosLabel=above left]%
{interpoteest}
\end{GraphiqueTikz}

```



4.8 Inégalité linéaire

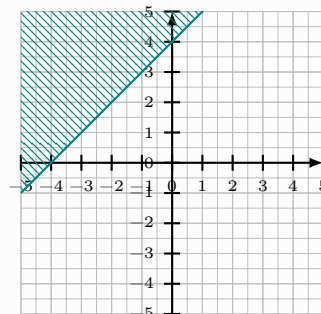
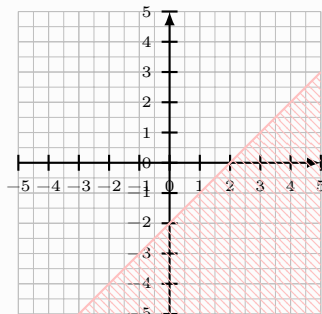
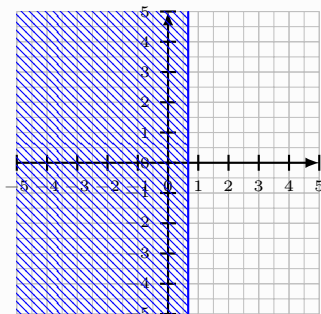
L'idée (en test) est d'obtenir une commande pour représenter graphiquement une inégalité linéaire.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\InegaliteLineaire[clés]<nom fct>{expression}{sens inégalité}
```

Le premier argument, *optionnel* et entre [...], contient les Clés suivantes :

- Opacite=... (0.25 par défaut);
- Couleur=... (black par défaut);
- Style=... (hachures par défaut);
- Hachures=... (north west lines par défaut).

```
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.4cm,y=0.4cm,Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-5,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Police=\tiny]{auto}{auto}
  \InegaliteLineaire[Couleur=blue]{-3x+2}{>0}
\end{GraphiqueTikz}
~~
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.4cm,y=0.4cm,Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-5,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Police=\tiny]{auto}{auto}
  \InegaliteLineaire[Couleur=pink]{-x+y+2}{<=0}
\end{GraphiqueTikz}
~~
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.4cm,y=0.4cm,Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-5,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Police=\tiny]{auto}{auto}
  \InegaliteLineaire[Couleur=teal]{-x+y-4}{>0}
\end{GraphiqueTikz}
```



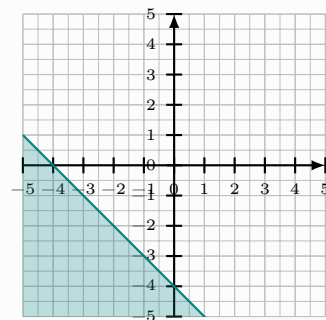
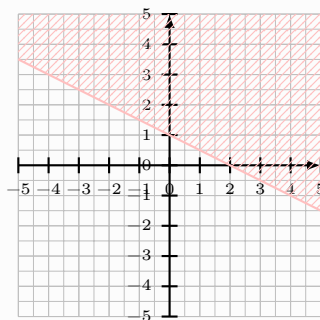
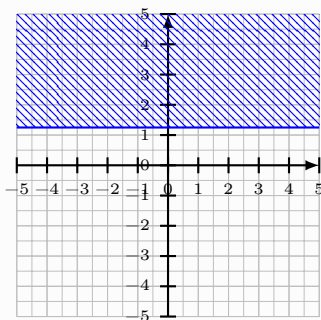
```

\begin{GraphiqueTikz}[x=0.4cm,y=0.4cm,Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-5,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Police=\tiny]{auto}{auto}
  \InegaliteLineaire[Couleur=blue]{-4*y+5}{<=0}
\end{GraphiqueTikz}
~~

\begin{GraphiqueTikz}[x=0.4cm,y=0.4cm,Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-5,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Police=\tiny]{auto}{auto}
  \InegaliteLineaire[Couleur=pink,Hachures={north east lines}]{-x-2y+2}{<=0}
\end{GraphiqueTikz}
~~

\begin{GraphiqueTikz}[x=0.4cm,y=0.4cm,Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-5,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Police=\tiny]{auto}{auto}
  \InegaliteLineaire[Style=remplissage,Couleur=teal]{-x-y-4}{>0}
\end{GraphiqueTikz}

```



4.9 Dérivée, primitive(s)

Il est également (c'est expérimental) possible d'afficher la courbe de la dérivée d'une fonction, ou la courbe d'une primitive particulière d'une fonction.

```
%courbe de la dérivée
\TracerDerivee[clés]{objet}
```

```
%courbe d'une primitive (uniquement pour des courbes via fonction f(x) !!)
%la primitive tracée sera celle telle que F(a)=b
\TracerPrimitive[clés]{nom fonction}{a}{b}
```

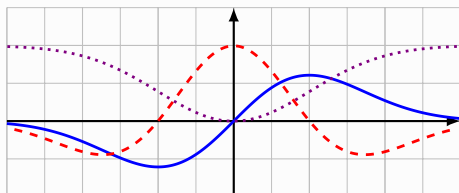
Les clés disponibles sont les mêmes que pour la définition des courbes, avec quelques spécificités :

- **Debut** : borne inférieure (**important**) de l'ensemble de définition (`\pflxmin` par défaut) ;
- **Fin** : borne supérieure (**important**) de l'ensemble de définition (`\pflxmax` par défaut) ;
- **Nom** : nom éventuel de la courbe ;
- **Couleur** : couleur du tracé (`black` par défaut) ;
- **Pas** : pas du tracé (il est déterminé *automatiquement* au départ mais peut être modifié) ;
- **StyleTrace** : style du tracé (`vide` par défaut) ;
- **Spline** : booléen pour spécifier qu'une courbe type `[Spline]` est utilisée ;
- **h** : pas (interne) pour effectuer les calculs (`vide` par défaut).

☛ Quelques remarques importantes :

- le pas `h` est déterminé automatiquement par le code, mais peut être modifié pour améliorer le rendu (attention à la multiplicité des calculs en interne qui sont effectués!) ;
- la détermination via la clé `[Spline]` se fait grâce à la librairie `intersections`, et de ce fait la précision des résultats et le rendu de la courbe peut être altéré...
- il est conseillé de tracer la courbe dérivée via la clé `[StyleTrace=dashed]` pour éviter les rendus chaotiques.

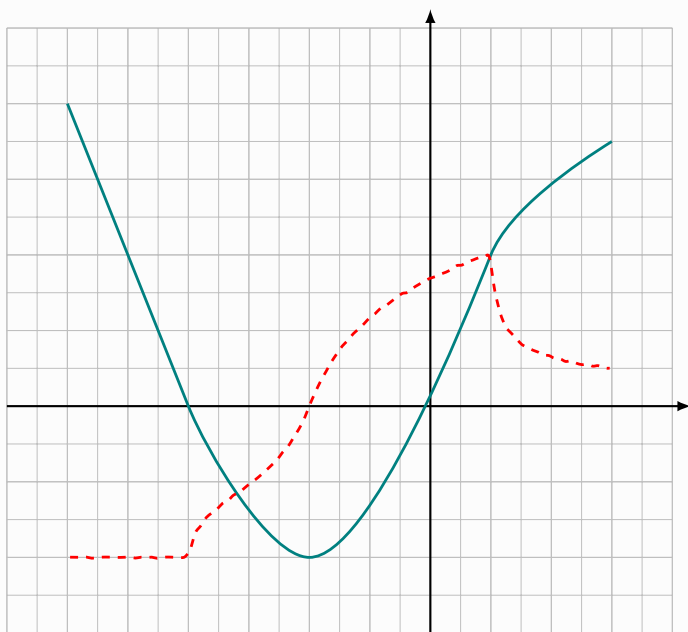
```
\begin{GraphiqueTikz}[Ymin=-1,Ymax=1.5]
  \TracerAxesGrilles{}{}
  \DefinirCourbe[Trace,Couleur=blue]<f>{x*exp(-x^2/2)}
  \TracerDerivee[Couleur=red,StyleTrace=dashed]{f}
  \TracerPrimitive[Couleur=violet,StyleTrace=dotted]{f}{0}{0}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[x=0.8cm,y=1cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=5]
\TracerAxesGrilles[Grads=false,Elargir=2.5mm]{}{}
\DefinirListeSpline%
{-6/4/-2§-5/2/-2§-4/0/-2§-2/-2/0§1/2/2§3/3.5/0.5}%
[\lst splineA]
\DefinirCourbeSpline%
[Nom=splinetest,Trace,Couleur=teal]%
{\lst splineA}
% dérivée
\TracerDerivee%
[Couleur=red,Spline,Debut=-6,Fin=3,StyleTrace=dashed]%
{splinetest}
\end{GraphiqueTikz}

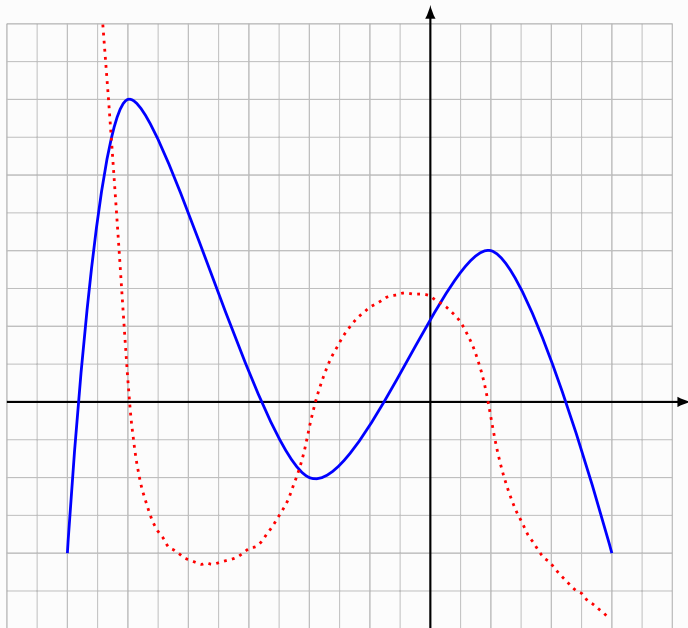
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[x=0.8cm,y=1cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=5]
\TracerAxesGrilles[Grads=false,Elargir=2.5mm]{\{}}
\DefinirListeInterpo%
  {(-6,-2)(-5,4)(-2,-1)(1,2)(3,-2)}%
  [\interpoA]
\DefinirCourbeInterpo%
  [Nom=interpotest,Couleur=blue,Trace]{\interpoA}
%dérivée
\TracerDerivee%
  [Couleur=red,Spline,Debut=-6,Fin=3,StyleTrace=dotted,h=0.05]%
  {interpotest}
\end{GraphiqueTikz}

```



5 Commandes spécifiques des lois de probabilités

5.1 Lois continues

5.1.1 Aires sous les courbes continues

Pour toutes les lois continues (normale, exponentielle, Student, Fischer), il est possible de colorer une aire sous la courbe via la commande `\ReprésenterProbaContinue`, alias de `\TracerIntegrale`.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\ReprésenterProbaContinue[clés]{fct(x)}{a}{b}
```

5.1.2 Loi normale

L'idée est de proposer de quoi travailler avec des lois normales.

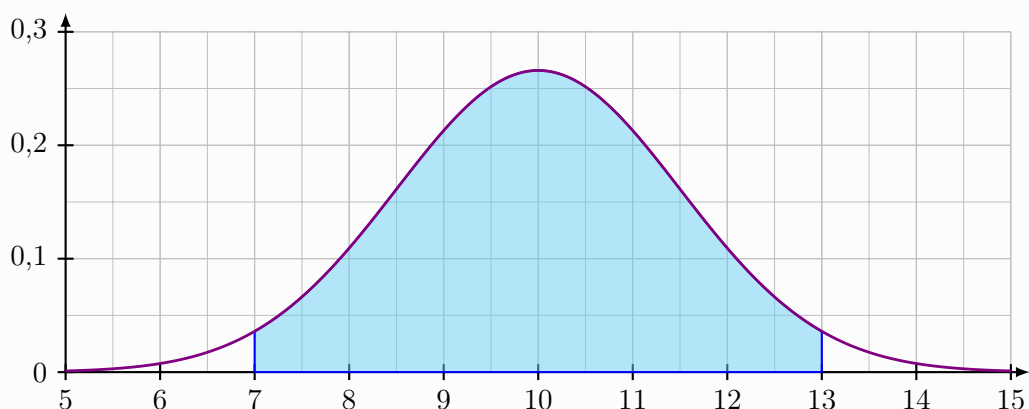
```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\DéfinirLoiNormale[clés]<nom fct>{mu}{sigma}
\TracerLoiNormale[clés]{fct(x)}
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

- **Nom** : nom du tracé (`gaussienne` par défaut) ;
- **Trace** : booléen pour tracer la courbe (`false` par défaut) ;
- **Couleur** : couleur du tracé, si demandé (`black` par défaut) ;
- **Debut** : borne inférieure de l'ensemble de définition (`\pflxmin` par défaut) ;
- **Fin** : borne inférieure de l'ensemble de définition (`\pflxmax` par défaut) ;
- **Pas** : pas du tracé (il est déterminé *automatiquement* au départ mais peut être modifié).

À noter que l'axe vertical est à adapter en fonction des paramètres de la loi normale.

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=1.25cm,y=15cm,Origx=5,Xmin=5,Xmax=15,Ymin=0,Ymax=0.3,
Ygrille=0.1,Ygrilles=0.05]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DéfinirLoiNormale[Nom=gaussienne]<phi>{10}{1.5}
\TracerIntegrale
[Bornes=abs,Couleurs=blue/cyan!50]%
{phi(x)}{7}{13}
\TracerLoiNormale[Couleur=violet,Debut=5,Fin=15]{phi(x)}
\end{GraphiqueTikz}
```



5.1.3 Loi exponentielle

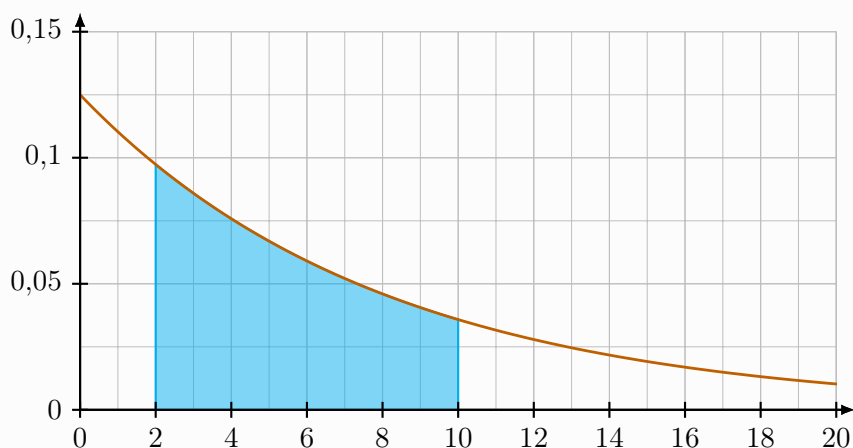
La loi exponentielle de paramètre λ est définie sur $[0; +\infty[$. La densité est $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\DefinirLoiExpo[clés]<nom fct>{\lambda}
\TracerLoiExpo[clés]{fct(x)}
```

Le premier argument, optionnel et entre [...] propose les clés suivantes pour `\DefinirLoiExpo` :

- **Nom** : nom du tracé (**expo** par défaut) ;
- **Debut** : borne inférieure (0 par défaut) ;
- **Fin** : borne supérieure (`\pflxmax` par défaut) ;
- **Pas** : pas du tracé (déterminé automatiquement).

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[Xgrille=2,Xgrilles=1,Ygrille=0.05,Ygrilles=0.025]%
<Xmin=0,Xmax=20,Ymin=0,Ymax=0.15,Taille={10cm/5cm}>
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier,Derriere]{-}{-}
\DefinirLoiExponentielle[]<fdexpo>{0.125}
\ReprésenterProbaContinue[Couleurs=cyan]{fdexpo(x)}{2}{10}
\TracerLoiExponentielle[Couleur=orange!75!black]{fdexpo(x)}
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier,Devant]{auto}{auto}
\end{GraphiqueTikz}
```



5.1.4 Loi du khi deux

L'idée est de proposer de quoi travailler avec des lois normales.

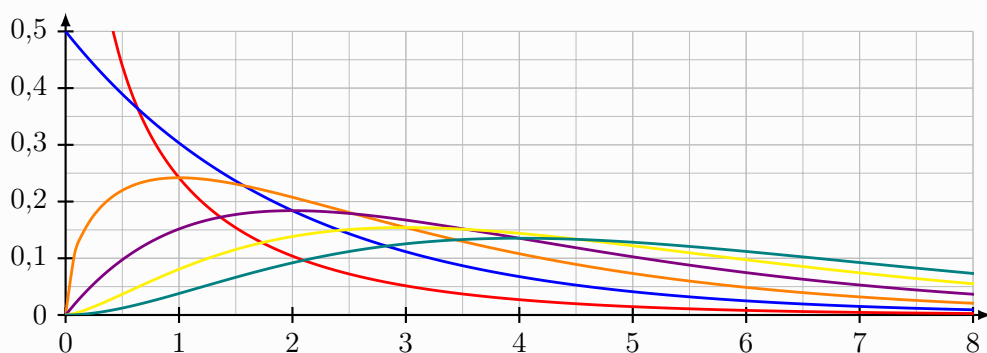
```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\DefinirLoiKhiDeux[clés]<nom fct>{k}
\TracerLoiKhiDeux[clés]{fct(x)}
```

Les [clés], optionnelles, disponibles sont :

- **Nom** : nom du tracé (**gaussienne** par défaut) ;
- **Trace** : booléen pour tracer la courbe (**false** par défaut) ;
- **Couleur** : couleur du tracé, si demandé (**black** par défaut) ;
- **Debut** : borne inférieure de l'ensemble de définition (**\pflxmin** par défaut) ;
- **Fin** : borne inférieure de l'ensemble de définition (**\pflxmax** par défaut) ;
- **Pas** : pas du tracé (il est déterminé *automatiquement* au départ mais peut être modifié).

À noter que l'axe vertical est à adapter en fonction du paramètre de la loi du khi deux.

```
\begin{GraphiqueTikz}[
  x=1.5cm,y=7.5cm,
  Xmin=0,Xmax=8,Xgrille=1,Xgrilles=0.5,
  Ymin=0,Ymax=0.5,Ygrille=0.1,Ygrilles=0.05
]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirLoiKhiDeux[Couleur=red,Debut=0.25,Trace]<phiA>{1}
\DefinirLoiKhiDeux[Couleur=blue,Trace]<phiB>{2}
\DefinirLoiKhiDeux[Couleur=orange,Trace]<phiC>{3}
\DefinirLoiKhiDeux[Couleur=violet,Trace]<phiD>{4}
\DefinirLoiKhiDeux[Couleur=yellow,Trace]<phiE>{5}
\DefinirLoiKhiDeux[Couleur=teal,Trace]<phiF>{6}
\end{GraphiqueTikz}
```



5.1.5 Loi de Student

La loi de Student à ν degrés de liberté est une loi continue, symétrique, dont la densité fait intervenir la fonction Γ .

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\DefinirLoiStudent[clés]<nom fct>{nu}
\TracerLoiStudent[clés]{fct(x)}
```

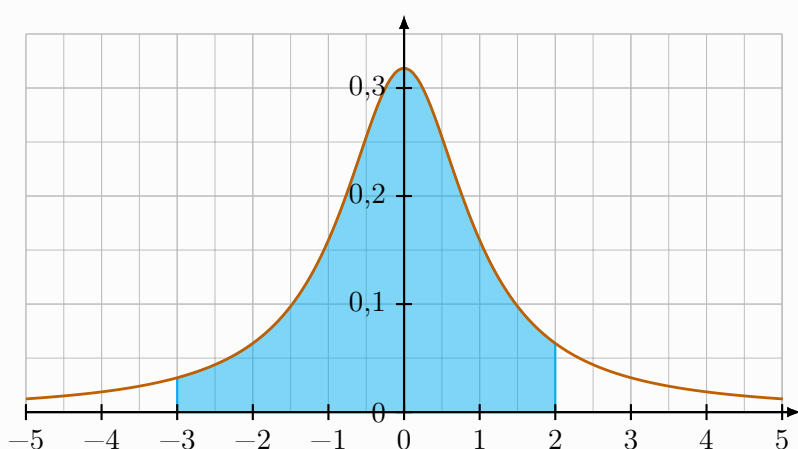
Le premier argument, optionnel et entre [...] propose les clés suivantes pour `\DefinirLoiStudent` :

- **Nom** : nom du tracé (**student** par défaut) ;

- **Debut**, **Fin** : bornes de définition (`\pflxmin`, `\pflxmax` par défaut) ;
- **Pas** : pas du tracé (déterminé automatiquement).

À noter que la fenêtre est à adapter en fonction de ν — typiquement $x \in [-4; 4]$ et $y \in [0; 0.40]$ pour $\nu = 5$.

```
%avec mise en évidence d'une proba/intégrale
\begin{GraphiqueTikz}%
  [Xgrille=1,Xgrilles=0.5,Ygrille=0.1,Ygrilles=0.05]%
  <Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=0,Ymax=0.35,Taille={10cm/5cm}>
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier,Derriere]{-}{-}
  \DefinirLoiStudent[]<fdstudent>{1}
  \ReprésenterProbaContinue[Couleurs=cyan]{fdstudent(x)}{-3}{2}
  \TracerLoiStudent[Couleur=orange!75!black]{fdstudent(x)}
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier,Devant]{auto}{auto}
\end{GraphiqueTikz}
```



5.1.6 Loi de Fischer

La loi de Fischer à $(d_1; d_2)$ degrés de liberté est définie sur $]0; +\infty[$. La fenêtre est à adapter en conséquence — typiquement $x \in [0; 6]$ pour $F_{5;10}$.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\DefinirLoiFischer[clés]<nom fct>{d1}{d2}
\TracerLoiFischer[clés]{fct(x)}
```

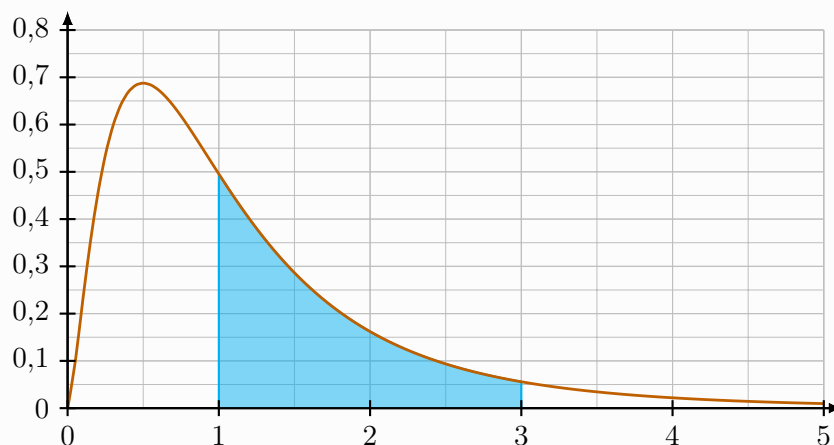
Le premier argument, optionnel et entre [...] propose les clés suivantes pour `\DefinirLoiFischer` :

- **Nom** : nom du tracé (**fischer** par défaut) ;
- **Debut** : borne inférieure — forcée à $\max(0.001, \text{Debut})$ pour éviter la singularité en 0 ;
- **Fin** : borne supérieure (`\pflxmax` par défaut) ;
- **Pas** : pas du tracé (déterminé automatiquement).

```

\begin{GraphiqueTikz}%
[Xgrille=1,Xgrilles=0.5,Ygrille=0.1,Ygrilles=0.05]%
<Xmin=0,Xmax=5,Ymin=0,Ymax=0.8,Taille={10cm/5cm}>
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier,Derriere]{-}{-}
\DefinirLoiFischer[]<fdfischer>{5}{10}
\ReprésenterProbaContinue[Couleurs=cyan]{fdfischer(x)}{1}{3}
\TracerLoiFischer[Couleur=orange!75!black]{fdfischer(x)}
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier,Devant]{auto}{auto}
\end{GraphiqueTikz}

```



5.2 Lois discrètes

5.2.1 Loi binomiale

Il est également possible (d'une manière moins explicite que dans **ProfLycee**) de représenter l'histogramme d'une loi binomiale (**ProfLycee** permet de déterminer les unités automatiquement, ici elles doivent être précisées et connues).

Il est également possible de rajouter la loi normale « associée ».

```

%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerHistoBinomiale[clés]<nom fct normale>{n}{p}

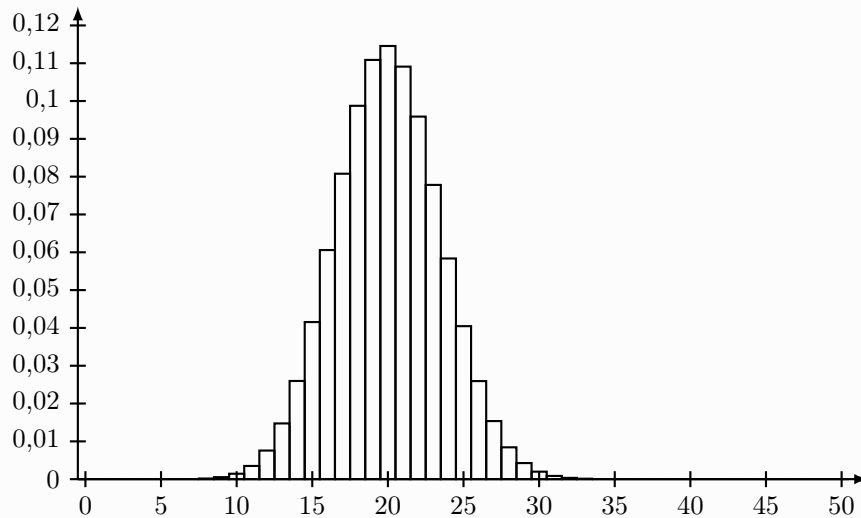
```

Le premier argument, optionnel et entre [...] propose les clés suivantes :

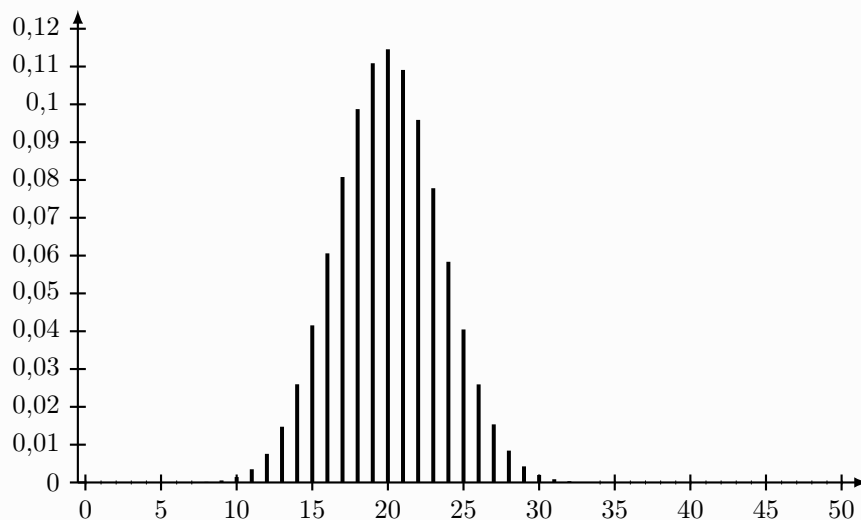
- **CouleurTraits** : couleur des traits/bâtons (**black** par défaut) ;
- **Plage** : plage, sous la forme **a-b** du coloriage éventuel ;
- **CouleurPlage** : couleur de la plage éventuelle ;
- **ClipX** : restriction de l'axe Ox, sous la forme **a-b** ;
- **AffNormale** : booléen (**true** par défaut) pour rajouter la loi normale ;
- **CouleurNormale** : couleur pour la loi normale ;
- **Style** : style de représentation, **histo** (rectangles, par défaut) ou **batons** (segments verticaux).

Les arguments obligatoires et entre {...} permettent de spécifier les paramètres de la loi binomiale.

```
%les unités ont été déterminées au préalable...
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.2cm,y=50cm,Origx=-0.5,Xmin=-0.5,Xmax=50.5,
  Xgrille=5,Xgrilles=1,Ymin=0,Ymax=0.12,Ygrille=0.01,Ygrilles=0.001]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small,Grille=false]%
    {0,5,...,50}{auto}
  \TracerHistoBinomiale{50}{0.4}
\end{GraphiqueTikz}
```



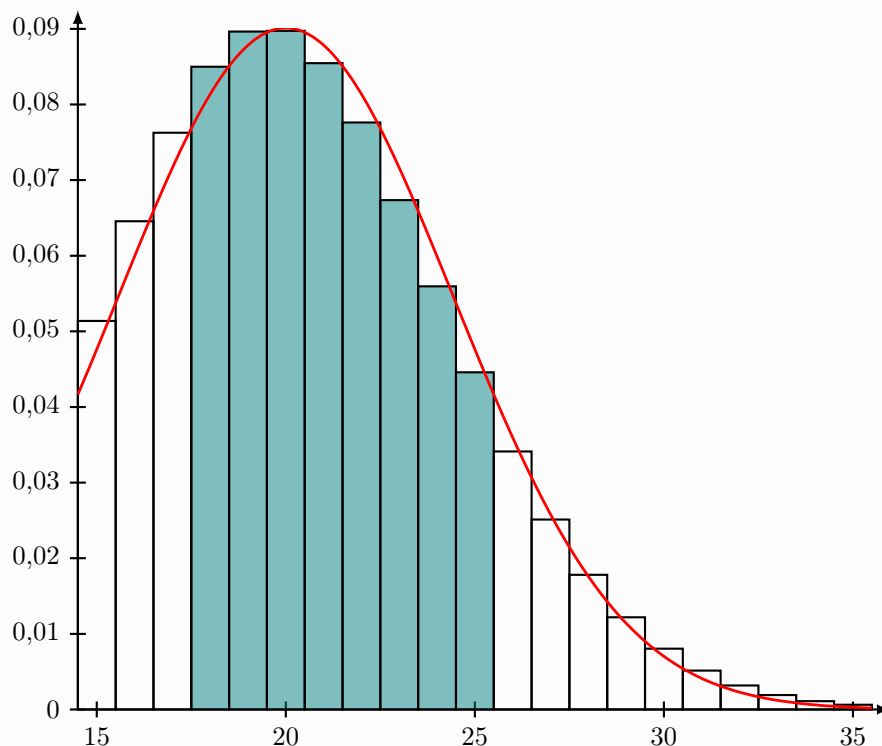
```
%les unités ont été déterminées au préalable...
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.2cm,y=50cm,Origx=-0.5,Xmin=-0.5,Xmax=50.5,
  Xgrille=5,Xgrilles=1,Ymin=0,Ymax=0.12,Ygrille=0.01,Ygrilles=0.001]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small,Grille=false]%
    {0,5,...,50}{auto}
  \TracerHistoBinomiale[Style=batons]{50}{0.4}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

%les unités ont été déterminées au préalable...
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.5cm,y=100cm,Origx=14.5,Xmin=14.5,Xmax=35.5,
  Xgrille=5,Xgrilles=1,Ymin=0,Ymax=0.09,Ygrille=0.01,Ygrilles=0.001]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small,Grille=false]%
    {15,20,...,35}{auto}
  \TracerHistoBinomiale%
    [ClipX=15-35,Plage=18-25,CouleurPlage=teal,AffNormale,CouleurNormale=red]%
    {1000}{0.02}
\end{GraphiqueTikz}

```



5.2.2 Loi de Poisson

La loi de Poisson peut être représentée de façon similaire à la loi binomiale. La borne supérieure de représentation est déterminée automatiquement en fonction de λ .

```

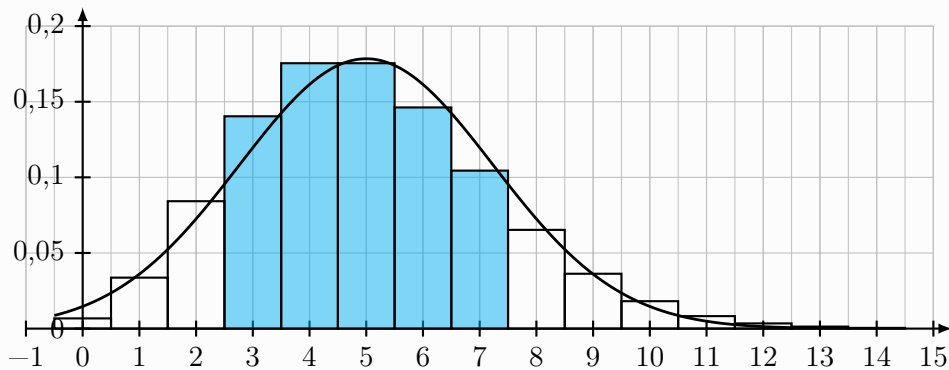
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerLoiPoisson[clés]<nom fct>{lambda}

```

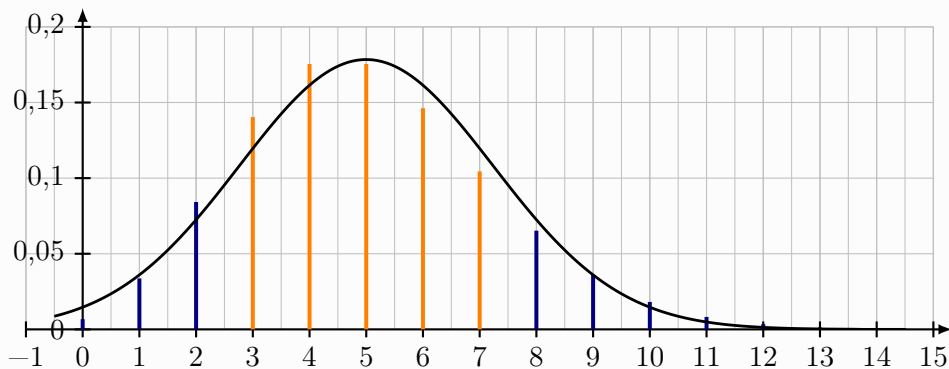
Le premier argument, optionnel et entre [...] propose les clés suivantes :

- **Plage** : plage, sous la forme **a-b** du coloriage éventuel ;
- **CouleurPlage** : couleur de la plage éventuelle ;
- **CouleurTraits** : couleur des traits/bâtons (**black** par défaut) ;
- **Style** : style de représentation, **histo** (par défaut) ou **batons** ;
- **ClipX** : restriction de l'axe Ox, sous la forme **a-b** ;
- **Nmax** : borne supérieure de représentation (déterminée automatiquement par défaut).

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.75cm,y=20cm,Xgrille=1,Ygrille=0.05,Xmin=-1,Xmax=15,Ymin=0,Ymax=0.20]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier]{auto}{auto}
\TracerLoiPoisson[Style=histo,Plage=3-7,CouleurPlage=cyan,AffNormale]{5}
\end{GraphiqueTikz}
```



```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.75cm,y=20cm,Xgrille=1,Ygrille=0.05,Xmin=-1,Xmax=15,Ymin=0,Ymax=0.20]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier]{auto}{auto}
\TracerLoiPoisson[CouleurTraits=blue!50!black,Style=batons,
↪ Plage=3-7,CouleurPlage=orange,AffNormale]{5}
\end{GraphiqueTikz}
```



5.2.3 Loi géométrique

La loi géométrique modélise le rang du premier succès dans une suite d'épreuves de Bernoulli indépendantes. La borne supérieure est déterminée automatiquement.

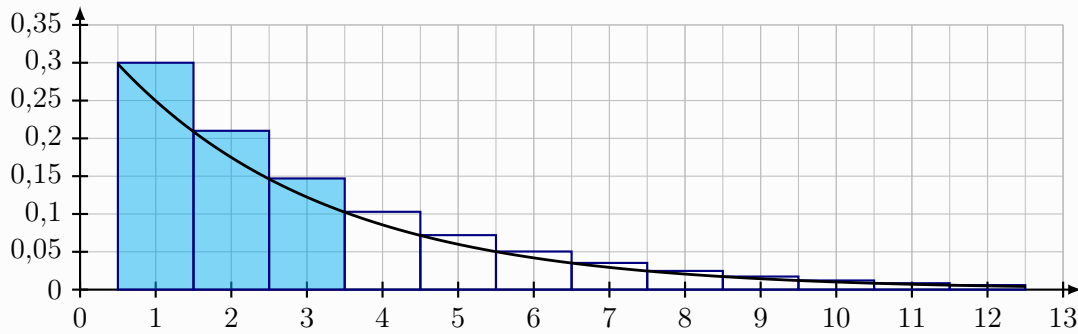
```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerLoiGeo[clés]{p}
```

Le premier argument, optionnel et entre [...] propose les clés suivantes :

- **Plage** : plage, sous la forme **a-b** du coloriage éventuel ;
- **CouleurPlage** : couleur de la plage éventuelle ;
- **CouleurTraits** : couleur des traits/bâtons (**black** par défaut) ;
- **Style** : style de représentation, **histo** (par défaut) ou **batons** ;
- **AffExpo** : booléen (**false** par défaut) pour superposer la loi exponentielle associée (de paramètre $\lambda = -\ln(1 - p)$) ;

— `CouleurExpo` : couleur de la loi exponentielle associée.

```
\begin{GraphiqueTikz}[y=10cm,Xgrille=1,Ygrille=0.05,Xmin=0,Xmax=13,Ymin=0,Ymax=0.35]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier]{auto}{auto}
  \TracerLoiGeo[Style=histo,Plage=-3,CouleurPlage=cyan,
    ↪ Nmax=12,CouleurTraits=blue!50!black,AffExpo]{0.3}
\end{GraphiqueTikz}
```



```
\begin{GraphiqueTikz}[y=10cm,Xgrille=1,Ygrille=0.05,Xmin=0,Xmax=13,Ymin=0,Ymax=0.35]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier]{auto}{auto}
  \TracerLoiGeo[Style=batons,Plage=-3,CouleurPlage=cyan,
    ↪ Nmax=12,CouleurTraits=blue!50!black,AffExpo]{0.3}
\end{GraphiqueTikz}
```



5.2.4 Loi hypergéométrique

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
%N=population totale K=succès dans population n=taille tirage
\TracerLoiHyperGeo[clés]<nom fct normale>{N}{K}{n}
```

Le premier argument, optionnel et entre [...] propose les clés suivantes :

- `Plage` : plage, sous la forme `a-b` du coloriage éventuel ;
- `CouleurPlage` : couleur de la plage éventuelle ;
- `CouleurTraits` : couleur des traits/bâtons (`black` par défaut) ;
- `Style` : style de représentation, `histo` (par défaut) ou `batons` ;
- `AffNormale` : booléen (`false` par défaut) pour superposer la loi normale associée ;
- `CouleurNormale` : couleur pour la loi normale.

Les bornes de représentation sont déterminées automatiquement : $k_{\min} = \max(0; n + K - N)$ et $k_{\max} = \min(n; K)$.

```

\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=1.5cm,y=10cm,Xgrille=1,Ygrille=0.1,Ygrilles=0.05,
   ↪ Xmin=-1,Xmax=8,Ymin=0,Ymax=0.40]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier]{auto}{auto}
  \TracerLoiHyperGeo%
    [Style=batons,Plage=2-4,CouleurPlage=cyan,CouleurTraits=blue!50!black,AffNormale]%
    {20}{8}{6}
\end{GraphiqueTikz}

```



6 Commandes spécifiques des méthodes intégrales

6.1 Méthodes géométriques

L'idée est de proposer plusieurs méthodes graphiques pour illustrer graphiquement une intégrale, via :

- une méthode des rectangles (Gauche, Droite ou Milieu) ;
- la méthode des trapèzes.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\ReprésenterMethodeIntegrale[clés]<fonction>{a}{b}
```

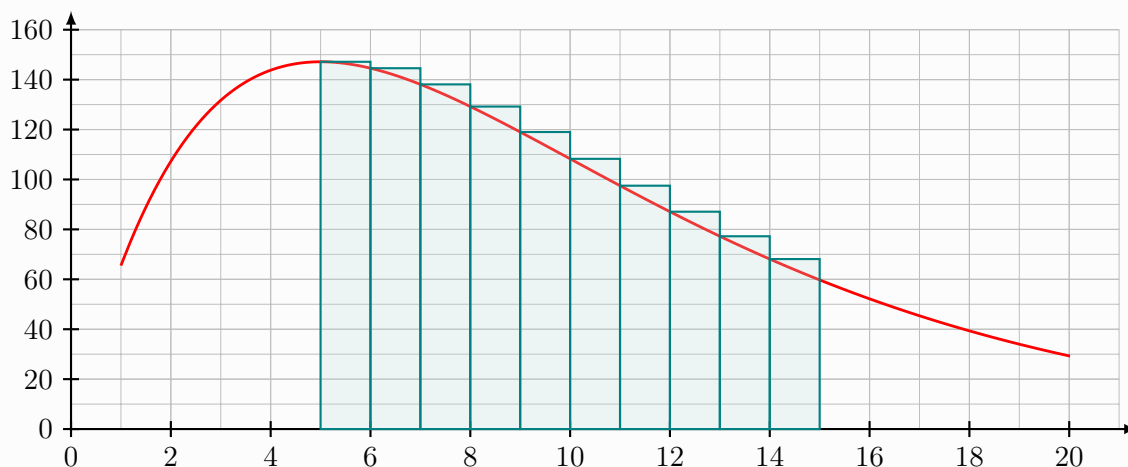
Les **Clés** disponibles sont :

- **Spline** : booléen pour préciser qu'un spline est utilisé, **false** par défaut ;
- **Couleur** : couleur des tracés, **red** par défaut ;
- **NbSubDiv** : nombre de subdivisions, **10** par défaut ;
- **Methode** : méthode géométrique utilisée, parmi **RectanglesGauche** / **RectanglesDroite** / **RectanglesMilieu** / **Trapezes** pour spécifier la méthode utilisée, **RectanglesGauche** par défaut ;
- **Remplir** : booléen, **true** par défaut, pour remplir les éléments graphiques ;
- **CouleurRemplissage** : couleur de remplissage, définie par rapport à la couleur principale par défaut ;
- **Opacite** : opacité, **0.25** par défaut, du remplissage.

Le deuxième argument, optionnel et entre `<...>`, correspond à la fonction ou le spline **précédemment défini** !

Les deux derniers arguments, obligatoires, correspondent aux bornes de l'intégrale.

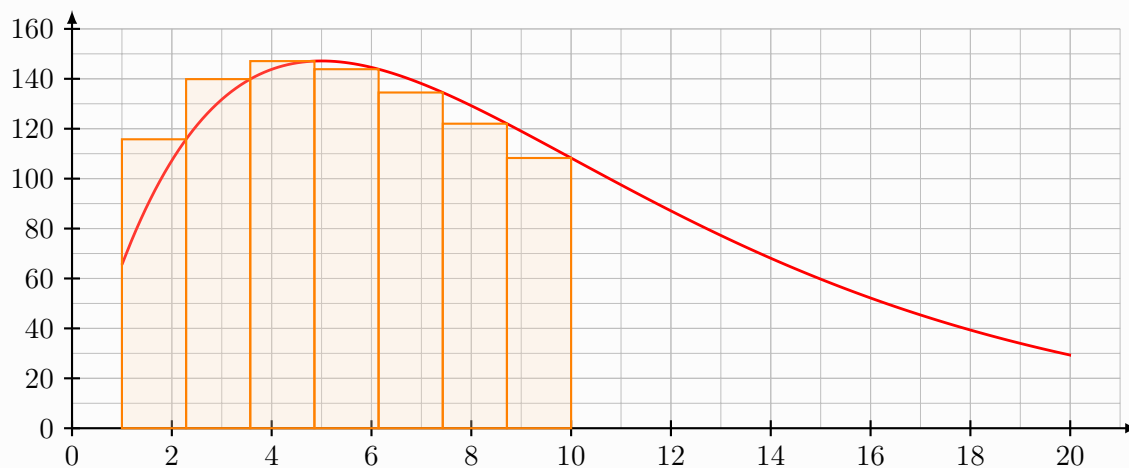
```
\begin{GraphiqueTikz}
[x=0.66cm,y=0.033cm,Xmin=0,Xmax=21,Xgrille=2,Xgrilles=1,
Ymin=0,Ymax=160,Ygrille=20,Ygrilles=10]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirCourbe[Couleur=red,Nom=cf,Debut=1,Fin=20,Trace]<f>{80*x*exp(-0.2*x)}
\ReprésenterMethodeIntegrale[Couleur=teal]<f>{5}{15}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}
[x=0.66cm,y=0.033cm,Xmin=0,Xmax=21,Xgrille=2,Xgrilles=1,
Ymin=0,Ymax=160,Ygrille=20,Ygrilles=10]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirCourbe[Couleur=red,Nom=cf,Debut=1,Fin=20,Trace]<f>{80*x*exp(-0.2*x)}
\ReprésenterMethodeIntegrale
[Methode=RectanglesDroite,Couleur=orange,NbSubDiv=7]<f>{1}{10}
\end{GraphiqueTikz}

```



```

\begin{GraphiqueTikz}
[x=0.66cm,y=0.033cm,Xmin=0,Xmax=21,Xgrille=2,Xgrilles=1,
Ymin=0,Ymax=160,Ygrille=20,Ygrilles=10]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirCourbe[Couleur=red,Nom=cf,Debut=1,Fin=20,Trace]<f>{80*x*exp(-0.2*x)}
\ReprésenterMethodeIntegrale
[Methode=RectanglesMilieu,Couleur=yellow,NbSubDiv=25]<f>{1}{20}
\end{GraphiqueTikz}

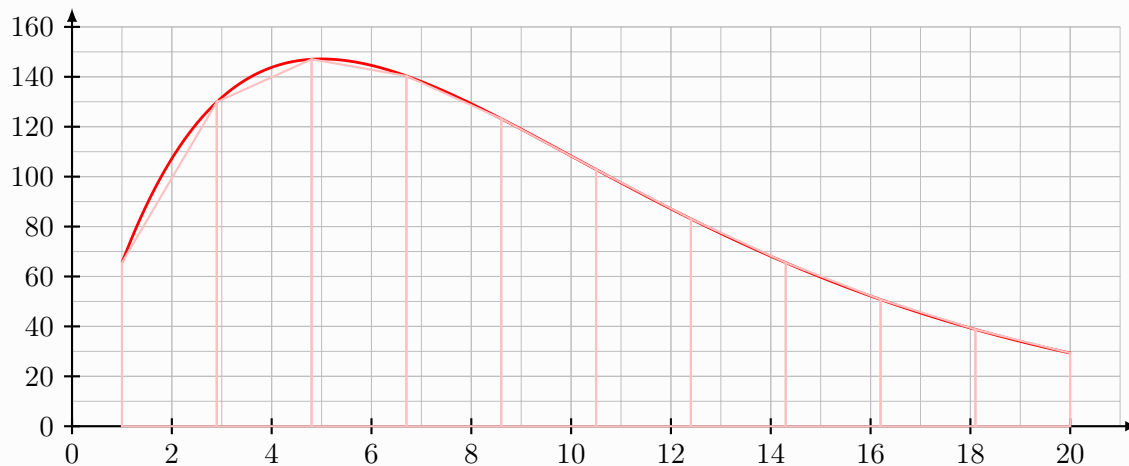
```



```

\begin{GraphiqueTikz}
[x=0.66cm,y=0.033cm,Xmin=0,Xmax=21,Xgrille=2,Xgrilles=1,
Ymin=0,Ymax=160,Ygrille=20,Ygrilles=10]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirCourbe[Couleur=red,Nom=cf,Debut=1,Fin=20,Trace]<f>{80*x*exp(-0.2*x)}
\RepresenterMethodeIntegrale
[Methode=Trapezes,Couleur=pink,Remplir=false]<f>{1}{20}
\end{GraphiqueTikz}

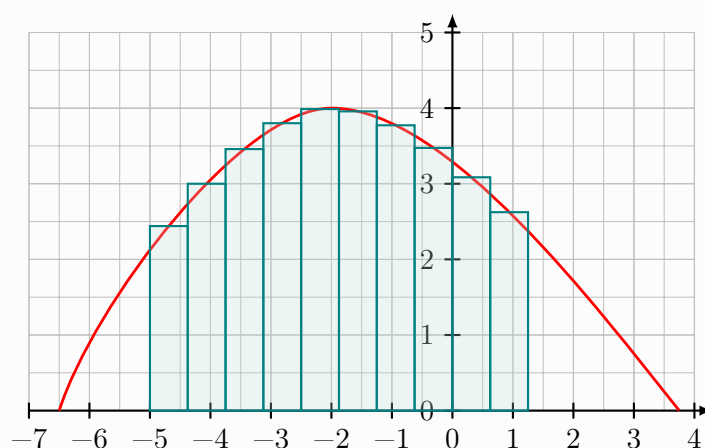
```



```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.8cm,y=1cm,Xmin=-7,Xmax=4,Ymin=0,Ymax=5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirListeSpline{-6.5/0/2.5§-2/4/0§3.75/0/-1}[\lstsplineB]
\DefinirCourbeSpline[Nom=splinered]{\lstsplineB}
\TracerCourbeSpline[Couleur=red]{\lstsplineB}
\RepresenterMethodeIntegrale%
[Methode=RectanglesMilieu,Spline,Couleur=teal]%
<splinered>{-5}{1.25}
\end{GraphiqueTikz}

```



6.2 Méthode de Monte-Carlo

L'idée est de proposer une commande pour simuler un calcul intégral via la méthode de Monte-Carlo. Le code se charge de simuler les *tirages*, et les résultats peuvent être stockés dans des macros.

```
%dans l'environnement GraphiqueTikz
\SimulerMonteCarlo[clés]<fonction>{nb essais}[\nbptsmcok][\nbptsmcko]
```

Les **Clés** disponibles sont :

- **Couleurs** : couleurs des points, **blue/red** par défaut ;
- **BornesX** : bornes *horizontales* pour la simulation, valant **\pflxmin,\pflxmax** par défaut ;
- **BornesY** : bornes *verticales* pour la simulation, valant **\pflymin,\pflymax** par défaut.

Le deuxième argument, optionnel et entre **<...>**, est la fonction **précédemment définie** à utiliser.

Les deux derniers arguments, optionnels et entre **[...]**, sont les macros dans lesquelles sont stockées les résultats de la simulation. Ces macros sont **\nbptsmcok** et **\nbptsmcko** par défaut.

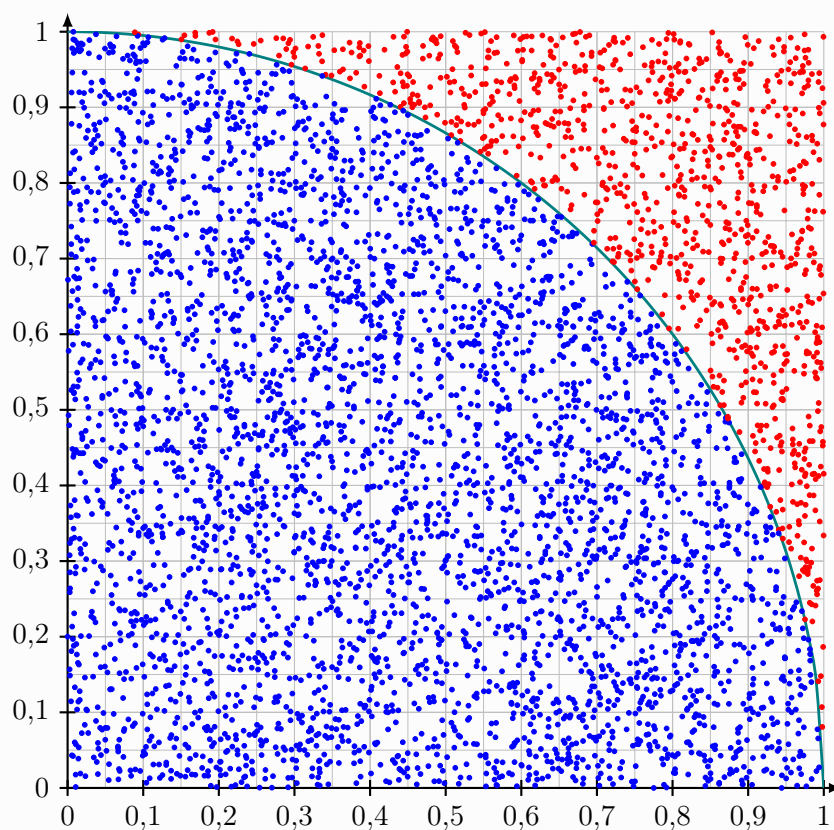
À noter que la macro **\nbptsmc** permet de récupérer le nombre de points utilisés.

%avec \sisetup{group-minimum-digits=4} pour le formatage des "milliers"

```
\begin{GraphiqueTikz}%
[x=10cm,y=10cm,Xmin=0,Xmax=1,Xgrille=0.1,Xgrilles=0.05,
Ymin=0,Ymax=1,Ygrille=0.1,Ygrilles=0.05]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Dernier]{auto}{auto}
\DefinirCourbe[Trace,Couleur=teal,Pas=0.001]<f>\sqrt{1-x^2}
\SimulerMonteCarlo<f>\{5000\}
\end{GraphiqueTikz}
```

Le nombre de points bleus est de `\textcolor{blue}{\num{\nbptsmcok}}`,
le nombre de points rouges est de `\textcolor{red}{\num{\nbptsmcko}}`.

La proportion de points bleus est de $\frac{\num{\nbptsmcok}}{\num{\nbptsmc}}$
`\approx \ArrondirNum[4]{\nbptsmcok/\nbptsmc}`
et $\frac{\pi}{4}$ `\approx \ArrondirNum[4]{\pi/4}`.



Le nombre de points bleus est de 3 968, le nombre de points rouges est de 1 032.
La proportion de points bleus est de $\frac{3968}{5000} \approx 0,7936$ et $\frac{\pi}{4} \approx 0,7854$.

7 Commandes spécifiques des statistiques

7.1 Limitations

Compte-tenu des spécificités de TikZ, il est conseillé de ne pas utiliser de valeurs trop *grandes* au niveau de axes (cela peut coïncider avec des années par exemple...), ou bien il faudra *transformer* les valeurs des axes et/ou des données pour que tout s'affiche comme il faut (attention également aux régressions, aux calculs...).

7.2 Courbe des ECC/FCC (1 variable)

Il est possible de travailler sur une représentation de la courbe des ECC/FCC.

```
\TracerCourbeECC[clés]{liste valeurs}{liste effectifs}
```

Le code se charge de déterminer une valeur des paramètres, pour utilisation ultérieure (avec arrondis éventuels car ils sont obtenus par *conversions*) :

- le premier quartile, Q_1 , est stocké dans la macro `\ValPremQuartile` ;
- la médiane, méd, est stocké dans la macro `\ValMed` ;
- le troisième quartile, Q_3 , est stocké dans la macro `\ValTroisQuartile`.

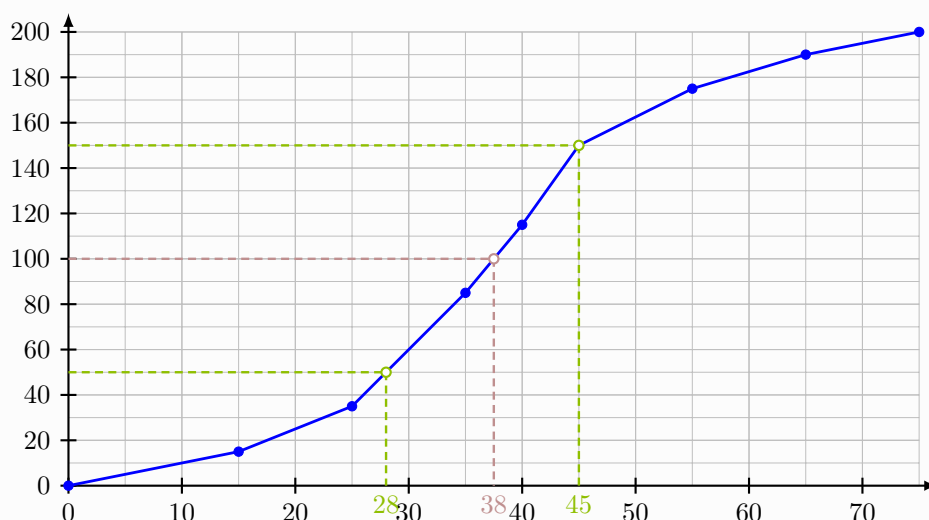
Les **Clés** disponibles sont :

- `Couleur=...` : couleur du tracé, `black` par défaut ;
- `AffParams` : booléen, `true` par défaut, pour afficher les paramètres ;
- `CouleursParams=...` : couleur des paramètres, `black` par défaut ;
- `TraitsComplets` : booléen, `true` par défaut, pour afficher les pointillés en entier

```

\begin{GraphiqueTikz}[x=0.15cm,y=0.03cm,Xmin=0,Xmax=75,Xgrille=10,Xgrilles=5,
  Ymin=0,Ymax=200,Ygrille=20,Ygrilles=10]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{auto}{auto}
  \TracerCourbeECC%
    [Couleur=blue,CouleursParams={lime!75!black/pink!75!black},
    TraitsComplets=false]%
    {0,15,25,35,40,45,55,65,75}%
    {15,20,50,30,35,25,15,10}
  %ajouts 'manuels'
  \PlacerTexte[Couleur=lime!75!black,Police=\small,Position=below]%
    {(\ValPremQuartile,0)}{\ArrondirNum[0]{\ValPremQuartile}}
  \PlacerTexte[Couleur=lime!75!black,Police=\small,Position=below]%
    {(\ValTroisQuartile,0)}{\ArrondirNum[0]{\ValTroisQuartile}}
  \PlacerTexte[Couleur=pink!75!black,Police=\small,Position=below]%
    {(\ValMed,0)}{\ArrondirNum[0]{\ValMed}}
\end{GraphiqueTikz}

```



7.3 Le nuage de points (2 variables)

En marge des commandes liées aux fonctions, il est également possible de représenter des séries statistiques doubles.

Le paragraphe suivant montre que l'ajout d'une clé permet de rajouter la droite d'ajustement linéaire.

```

%dans l'environnement GraphiqueTikz
\TracerNuage[clés]{ListeX}{ListeY}

```

La [clé] optionnelle est :

- **CouleurNuage** : couleur des points du nuage (**black** par défaut).

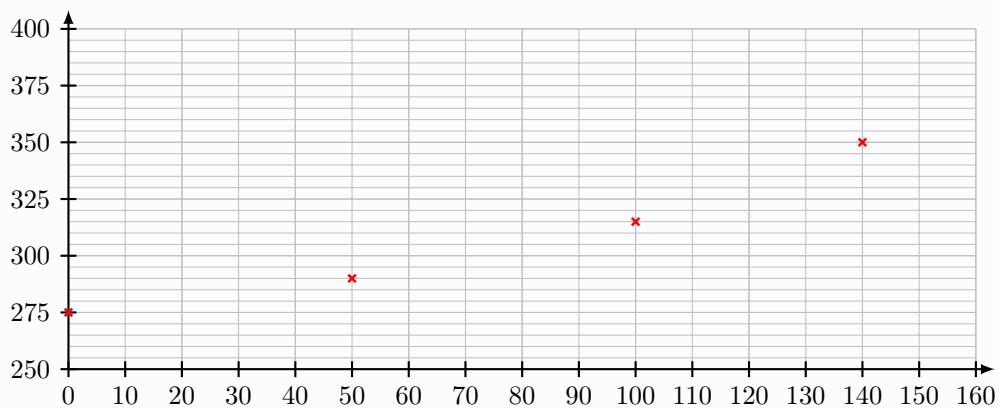
Les arguments, obligatoires, permettent de spécifier :

- la liste des abscisses ;
- la liste des ordonnées.

```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.075cm,y=0.03cm,Xmin=0,Xmax=160,Xgrille=20,Xgrilles=10,
Origy=250,Ymin=250,Ymax=400,Ygrille=25,Ygrilles=5]
%préparation de la fenêtre
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{0,10,...,160}{250,275,...,400}
%nuage de points
\TracerNuage[Style=x,CouleurNuage=red]{0,50,100,140}{275,290,315,350}
\end{GraphiqueTikz}

```



7.4 La droite de régression (2 variables)

La droite de régression linéaire (obtenue par la méthode des moindres carrés) peut facilement être rajoutée, en utilisant la clé `TracerDroite`.

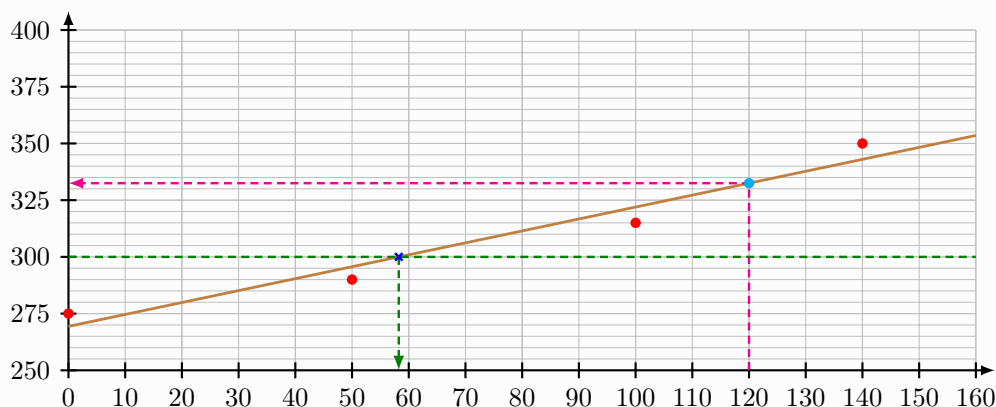
Dans ce cas, de nouvelles clés sont disponibles :

- `CouleurDroite` : couleur de la droite (`black` par défaut) ;
- `Arrondis` : précision des coefficients (`vide` par défaut) ;
- `Debut` : abscisse initiale du tracé (`\pflxmin` par défaut) ;
- `Fin` : abscisse terminale du tracé (`\pflxmax` par défaut) ;
- `Nom` : nom du tracé, pour exploitation ultérieure (`reglin` par défaut).

```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=0.075cm,y=0.03cm,Xmin=0,Xmax=160,Xgrille=20,Xgrilles=10,
Origy=250,Ymin=250,Ymax=400,Ygrille=25,Ygrilles=5]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\small]{0,10,...,160}{250,275,...,400}
%nuage et droite
\TracerNuage%
[CouleurNuage=red,CouleurDroite=brown,TracerDroite]%
{0,50,100,140}{275,290,315,350}
%image
\PlacerImages[Couleurs=cyan/magenta,Traits]{d}{120}
%antécédents
\PlacerAntecedents[Style=x,Couleurs=blue/green!50!black,Traits]{reglin}{300}
\end{GraphiqueTikz}

```



7.5 Autres régressions (2 variables)

En partenariat avec le package `xint-regression`, chargé par le package (mais *désactivable* via l'option `[nonxintreg]`), il est possible de travailler sur d'autres types de régression :

- linéaire $ax + b$;
- quadratique $ax^2 + bx + c$;
- cubique $ax^3 + bx^2 + cx + d$;
- puissance ax^b ;
- exponentielle ab^x ou e^{ax+b} ou be^{ax} ou $C + be^{ax}$;
- logarithmique $a + b \ln(x)$;
- hyperbolique $a + \frac{b}{x}$.

La commande, similaire à celle de définition d'une courbe, est :

```

\TracerAjustement[clés]<non fct>{type}<arrondis>{listex}{listey}

```

Les `[clés]` disponibles sont, de manière classique :

- **Debut** : borne inférieure de l'ensemble de définition (`\pflxmin` par défaut) ;
- **Fin** : borne supérieure de l'ensemble de définition (`\pflxmax` par défaut) ;
- **Nom** : nom de la courbe (important pour la suite!) ;
- **Couleur** : couleur du tracé (`black` par défaut) ;
- **Pas** : pas du tracé (il est déterminé *automatiquement* au départ mais peut être modifié).

Le deuxième argument, optionnel et entre `<...>` permet de nommer la fonction de régression.

Le troisième argument, obligatoire et entre `{...}` permet de choisir le type de régression, parmi :

- `lin` : linéaire $ax + b$;
- `quad` : quadratique $ax^2 + bx + c$;
- `cub` : cubique $ax^3 + bx^2 + cx + d$;
- `pow` : puissance ax^b ;
- `expab` : exponentielle ab^x
- `hyp` : hyperbolique $a + \frac{b}{x}$;
- `log` : logarithmique $a + b \ln(x)$;
- `exp` : exponentielle e^{ax+b} ;
- `expalt` : exponentielle be^{ax} ;
- `expoff=C` : exponentielle $C + be^{ax}$.

Le quatrième argument, optionnel et entre `<...>` permet de spécifier le ou les arrondis pour les coefficients de la fonction de régression.

Les deux derniers arguments sont les listes des valeurs de X et de Y.

```

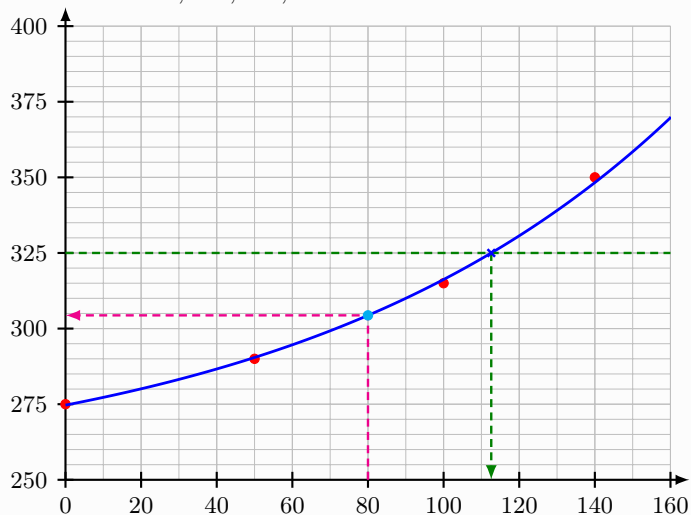
\def\LISTEXX{0,50,100,140}\def\LISTEYY{275,290,315,350}%
ListeX := \LISTEXX\
ListeY := \LISTEYY

\begin{GraphiqueTikz}
  [x=0.05cm,y=0.04cm,Xmin=0,Xmax=160,Xgrille=20,Xgrilles=10,
  Origy=250,Ymin=250,Ymax=400,Ygrille=25,Ygrilles=5]
  %préparation de la fenêtre
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm,Police=\footnotesize]{auto}{auto}
  %nuage de points
  \TracerNuage[Style=o,CouleurNuage=red]{\LISTEXX}{\LISTEYY}
  %ajustement expoffset
  \TracerAjustement[Couleur=blue,Nom=ajust]<ajust>{expoff=250}{\LISTEXX}{\LISTEYY}
  %exploitations
  \PlacerImages[Couleurs=cyan/magenta,Traits]{ajust}{80}
  \PlacerAntecedents[Style=x,Couleurs=blue/green!50!black,Traits]{ajust}{325}
\end{GraphiqueTikz}

\xintexpoffreg[offset=250,round=3/1]{\LISTEXX}{\LISTEYY}%
On obtient  $y=250+\text{\num{\expregoffb}}\text{\text{e}}^{\text{\num{\expregoffa}}x}$ 

```

ListeX := 0,50,100,140
ListeY := 275,290,315,350



On obtient $y = 250 + 24,7e^{0,01x}$

8 Courbes paramétriques, courbes polaires

8.1 Courbes paramétriques

Il est possible de tracer des courbes définies paramétriquement par $(x(t); y(t))$.

```
%définition des fonctions paramétriques
\DefinirCourbeParam[clés]<nom x(t)><nom y(t)>{x(t)}{y(t)}

%tracé des fonctions paramétriques
\TracerCourbeParam[clés]{x(t)}{y(t)}
```

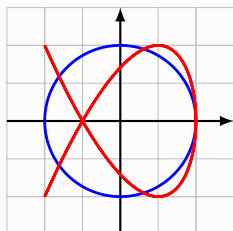
Les clés disponibles sont les mêmes que pour `\DefinirCourbe` ou `\TracerCourbe`, avec quelques spécificités :

- **Debut** : valeur initiale du paramètre t (**obligatoire**) ;
- **Fin** : valeur finale du paramètre t (**obligatoire**) ;
- **Nom** : nom éventuel du chemin (pour réutilisation) ;
- **Couleur** : couleur du tracé (**black** par défaut) ;
- **Pas** : pas en t ;
- **Trace** : booléen pour tracer la courbe (**false** par défaut) ;
- **Restreindre** : booléen pour éviter les débordements (**false** par défaut).

☛ Quelques remarques importantes :

- les noms `<x>` et `<y>` par défaut sont écrasés à chaque appel — penser à les nommer différemment si plusieurs courbes paramétriques coexistent ;
- le pas automatique peut être insuffisant pour des courbes très sinueuses — réduire **Pas** si nécessaire ;
- **Fin=6.28** (ou **2*pi**) pour les courbes fermées.

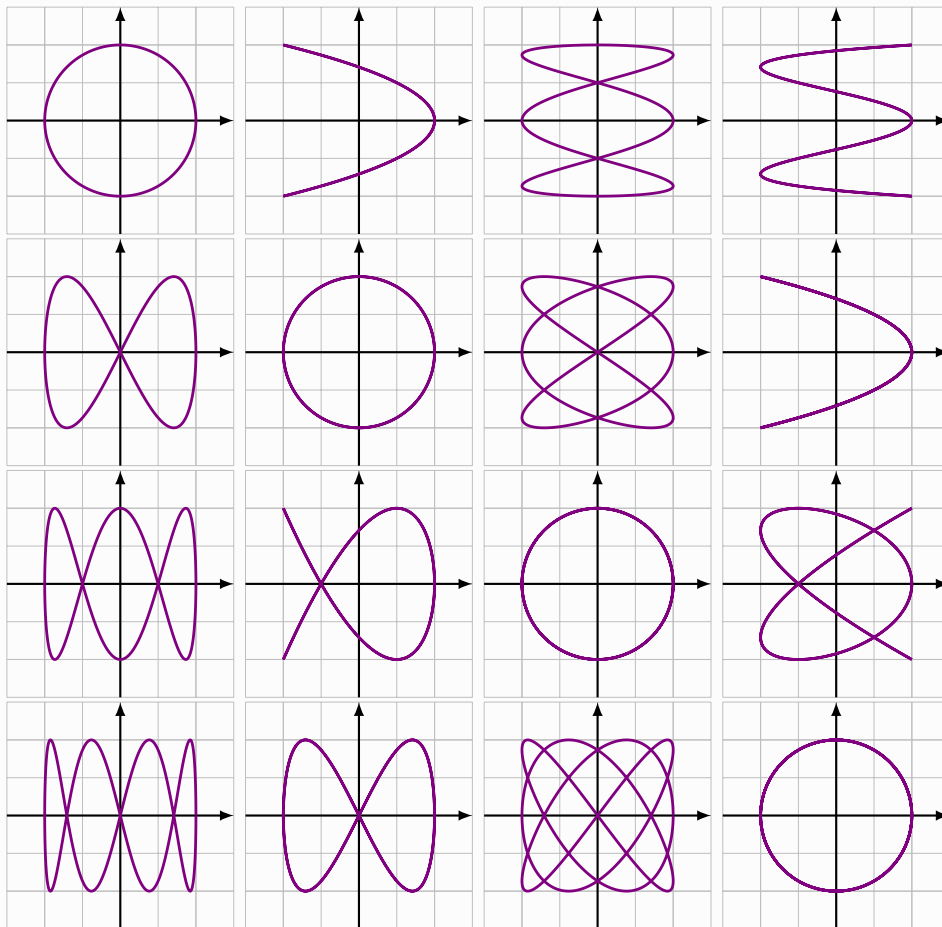
```
\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-1.5,Xmax=1.5,Ymin=-1.5,Ymax=1.5]
  \TracerAxesGrilles{}{}
  % Cercle
  \TracerCourbeParam[Couleur=blue,Debut=0,Fin=6.28]{cos(t)}{sin(t)}
  % Lissajous
  \TracerCourbeParam[Couleur=red,Debut=0,Fin=6.28]{cos(2*t)}{sin(3*t)}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

% Planche de courbes de Lissajous
\foreach \i in {1,...,4}{%
  \noindent%
  \foreach \j in {1,...,4}{%
    \begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-1.5,Xmax=1.5,Ymin=-1.5,Ymax=1.5]
      \TracerAxesGrilles{}{}
      \TracerCourbeParam%
      [Couleur=violet,Debut=0,Fin=6.28]%
      {\cos(\j*t)}{\sin(\i*t)}
    \end{GraphiqueTikz}
  }%
\par
}

```



8.2 Courbes polaires

Il est également possible de travailler sur des courbes polaires, au quel cas des clés et macros complémentaires sont disponibles.

Pour la création de l'environnement (et la grille notamment), sont disponibles :

- `Rmax`;
- `Rgrille` et `Rgrilles`;
- `Tgrille` et `Tgrilles` (grille radiale);

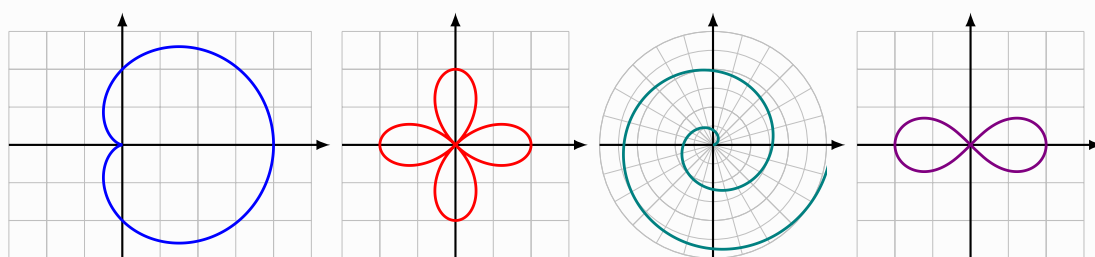
```
%tracés des axes et des grilles radiales
\TracerAxesGrillePol[clés]{grad r}{grad theta}
```

```
% Cardioïde  $r = 1 + \cos(\theta)$ 
\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-1.5,Xmax=2.5,Ymin=-1.5,Ymax=1.5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{}{} %grille cartésienne
  \TracerCourbePol[Couleur=blue,Debut=0,Fin=6.28]{1+\cos(\theta)}
\end{GraphiqueTikz}

% Rose à 4 pétales  $r = \cos(2\theta)$ 
\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-1.5,Xmax=1.5,Ymin=-1.5,Ymax=1.5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{}{} %grille cartésienne
  \TracerCourbePol[Couleur=red,Debut=0,Fin=6.28]{\cos(2*\theta)}
\end{GraphiqueTikz}

% Spirale d'Archimède  $r = \theta/4$ 
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=0.5cm,y=0.5cm,Xmin=-3,Xmax=3,Ymin=-3,Ymax=3,Rmax=3]
  \TracerAxesGrillePol[Elargir=2.5mm]{}{} %grille radiale
  \TracerCourbePol[Couleur=teal,Debut=0,Fin=12.56]{\theta/4}
\end{GraphiqueTikz}

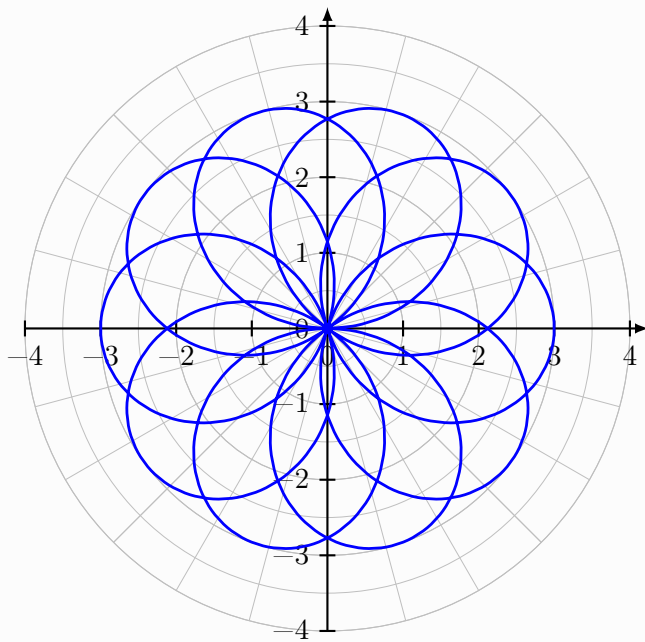
% Lemniscate de Bernoulli  $r^2 = \cos(2\theta)$ 
\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-1.5,Xmax=1.5,Ymin=-1.5,Ymax=1.5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{}{} %grille cartésienne
  \TracerCourbePol[Couleur=violet,Debut=0,Fin=6.28]{%
    {\sqrt{\max(\cos(2*\theta),0)}}}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-4,Xmax=4,Ymin=-4,Ymax=4,Rmax=4,]
  \TracerAxesGrillePol[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \TracerCourbePol[Couleur=blue,Debut=0,Fin=8*pi]{3sin(5theta/4)}
\end{GraphiqueTikz}

```



9 Commandes complémentaires (expérimentales)

9.1 Valeurs interdites

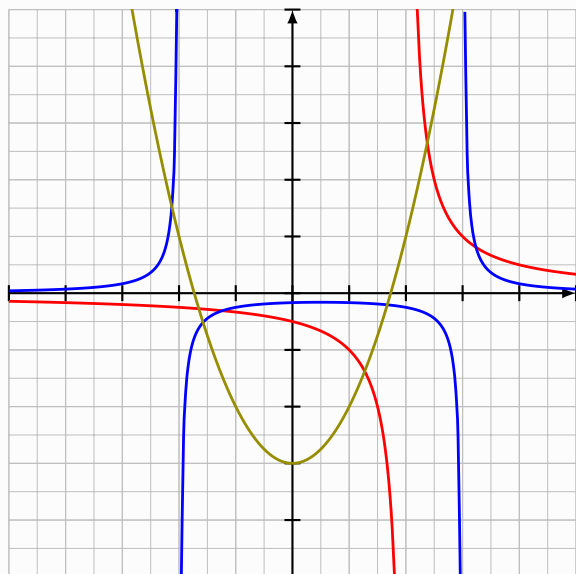
De manière expérimentale, il est possible de travailler avec des fonctions possédant des valeurs interdites.

Dans ce cas, l'intégralité de la courbe est tracée/stockée, avec une gestion en *interne* des valeurs interdites (le *pas* de calcul est alors réduit pour la gestion des asymptotes éventuelles, et un contrôle des valeurs en y est effectué en amont!).

● Logiquement les commandes d'exploitation sont compatibles avec cette nouvelle *méthode*, mais il n'est pas impossible de que des dysfonctionnements existent, auquel cas une déclaration des courbes/fonctions par *branches* sera nécessaire...

Une nouvelle clé, `[ValeursInterdites=...]`, fait donc son apparition pour la définition ou le tracé d'une courbe.

```
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.75cm,y=0.75cm,Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-5,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Grads=false]{auto}{auto}
  % 1/(x-2) avec VI en x=2
  \TracerCourbe[Couleur=red, ValeursInterdites={2}]{1/(x-2)}
  % 1/((x+2)(x-3)) avec VI en x=-2 et x=3
  \TracerCourbe[Couleur=blue, ValeursInterdites={-2,3}]{1/((x+2)*(x-3))}
  % x*x-3, sans VI
  \TracerCourbe[Couleur=olive]{x^2-3}
\end{GraphiqueTikz}
```



9.2 Voisinages

De manière expérimentale, il est possible de travailler avec des *voisinages*, pour illustrer des limites notamment.

Il est dans ce cas nécessaire que les courbes aient été déclarées avec un `[Nom=...]` afin de permettre au code de réaliser les calculs.

```
\AfficherVoisinage[clés]<courbe>{val x/y}{epsilon}
```

Les **Clés** disponibles sont :

- **Couleurs=...** : couleur du voisinage et des tracés, **blue** par défaut ;
- **CouleurAsymptote=...** : couleur de l'asymptote, **orange** ;
- **Opacite=...** : opacité de la zone, **0.15** par défaut ;
- **TypeLimite=** : choix du type de voisinage, parmi :
 - **L en +inf** ; **L en -inf** ;
 - **+inf en +inf** ; **-inf en +inf** ; **+inf en -inf** ; **-inf en -inf** ;
 - **+inf en a** ; **+inf en a+** ; **+inf en a-** ;
 - **-inf en a** ; **-inf en a+** ; **-inf en a-** ;
 - **L en a**, avec la clé **LimiteEn=...** pour préciser le a ;
- **Asymptote** : booléen (**true** par défaut) pour afficher l'asymptote éventuelle ;
- **Fleches** : booléen (**true** par défaut) pour afficher les flèches de *rentrée* ;
- **DebutX=...** : pour spécifier une valeur de début pour les calculs ;
- **FinX=...** : pour spécifier une valeur de fin pour les calculs.

Concernant les autres arguments :

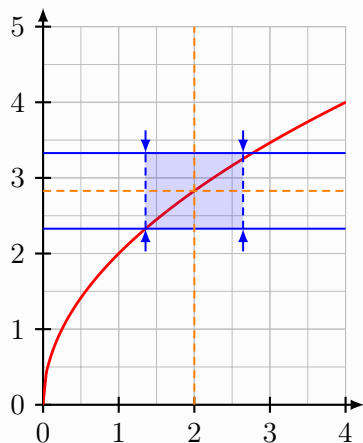
- celui entre `<...>` est le nom de l'objet à utiliser ;
- le premier argument obligatoire est :
 - la valeur de L ou de a (en fonction de l'asymptote considérée) ;
 - ou la valeur de b dans le cas **L en a**, avec la clé **LimiteEn=...** pour préciser le a ;
- le deuxième argument obligatoire permet de préciser la valeur de ϵ le cas échéant.

☛ Cette commande est à utiliser avec prudence, car de multiples dysfonctionnements ou cas particuliers peuvent exister, suivant la complexité des courbes considérées. . .

```

\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=0,Xmax=4,Ymin=0,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DefinirCourbe[Nom=cf, Trace, Couleur=red]<f>{2*sqrt(x)}
  \AfficherVoisinage%
    [TypeLimite={L en a}, LimiteEn=2, Couleur=green!50!black]%
    <cf>{\xintfloateval{f(2)}}{0.5}
\end{GraphiqueTikz}

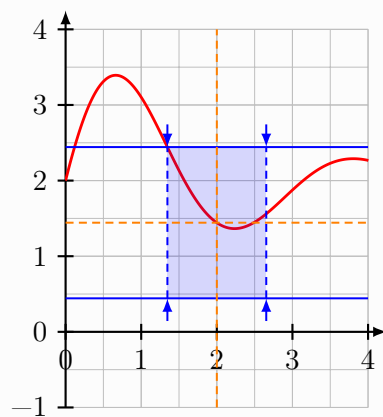
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=0,Xmax=4,Ymin=-1,Ymax=4]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DefinirCourbe[Nom=cf, Trace, Couleur=red]<f>{2+2*sin(2*x)*exp(-x/2)}
  \AfficherVoisinage%
    [TypeLimite={L en a}, LimiteEn=2]%
    <cf>{\xintfloateval{f(2)}}{1}
\end{GraphiqueTikz}

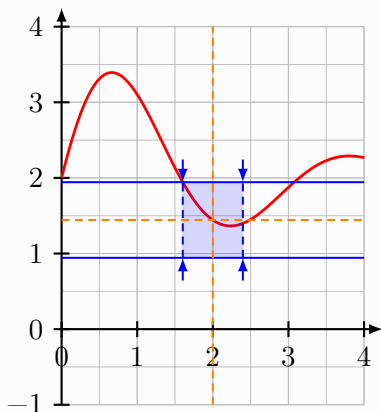
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=0,Xmax=4,Ymin=-1,Ymax=4]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DefinirCourbe[Nom=cf, Trace, Couleur=red]<f>{2+2*sin(2*x)*exp(-x/2)}
  \AfficherVoisinage%
    [TypeLimite={L en a}, LimiteEn=2]%
    <cf>{\xintfloateval{f(2)}}{0.5}
\end{GraphiqueTikz}

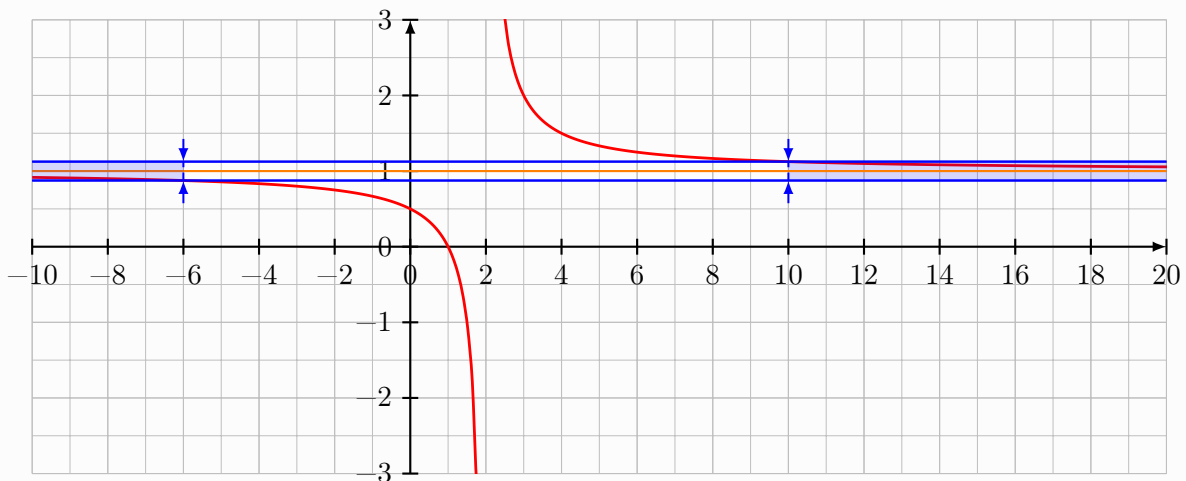
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[x=0.5cm,Xmin=-10,Xmax=20,Xgrille=2,Xgrilles=1]
  \TracerAxesGrilles{auto}{auto}
  \DefinirCourbe[ValeursInterdites={2},Nom=montest,Trace,Couleur=red]<f>{1/(x-2)+1}
  \AfficherVoisinage[Entree=auto,TypeLimite={L en +inf},DebutX=2]<montest>{1}{0.125}
  \AfficherVoisinage[Entree=auto,TypeLimite={L en -inf},FinX=2]<montest>{1}{0.125}
\end{GraphiqueTikz}

```



9.3 Coniques

De manière expérimentale, il est possible de travailler sur des coniques :

- tracé d'une ellipse, d'une parabole, d'une hyperbole ;
- mise en avant des éléments caractéristiques.

```
%ellipse
\TracerEllipse[clés,Nom=...]{centre}{a}{b}
%parabole
\TracerParabole[clés,Nom=...,Sens=H/V]{centre}{p}
%hyperbole
\TracerHyperbole[clés,Nom=...,Sens=H/V]{centre}{a}{b}

%les clés sont les mêmes que pour les définitions/tracés de courbes
```

```
%ellipse
\AfficherElementsEllipse[clés]{nom courbe}{centre}{a}{b}
%parabole
\AfficherElementsParabole[clés]{nom courbe}{centre}{p}
%hyperbole
\AfficherElementsHyperbole[clés]{nom courbe}{centre}{a}{b}
```

Les styles disponibles pour les éléments caractéristiques sont :

```
\tikzset{pfltraitvoisinageasympt/.style={%
densely dashed,line width=0.75pt}%
}
```

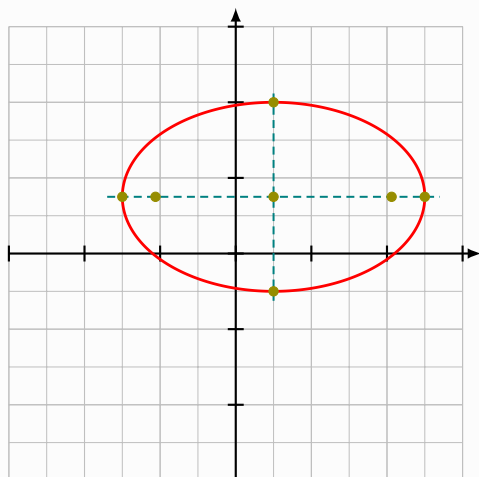
Les Clés disponibles pour les éléments caractéristiques sont :

- **CouleurPoints**=... : couleur des points particuliers ;
- **CouleurDroites**=... : couleur des droites particulières ;
- **AffCentre** : booléen ;
- **AffFoyers** : booléen ;
- **AffSommets** : booléen ;
- **AffAxes** : booléen ;
- **AffDirectrice** : booléen (parabole) ;
- **AffAsymptotes** : booléen (hyperbole) ;
- **AffTout** : booléen (tous les éléments).
- **Sens**=H/V : préciser l'orientation de la conique (parabole/hyperbole).

```

\begin{GraphiqueTikz}[]
  \TracerAxesGrilles[Grads=false,Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \TracerEllipse[Couleur=red,Debut=0,Fin=2*pi,Nom=ellipse]{(0.5,0.75)}{2}{1.25}
  \AfficherElementsEllipse%
    [AffTout,CouleurPoints=olive,CouleurDroites=teal]%
    {ellipse}{(0.5,0.75)}{2}{1.25}
\end{GraphiqueTikz}

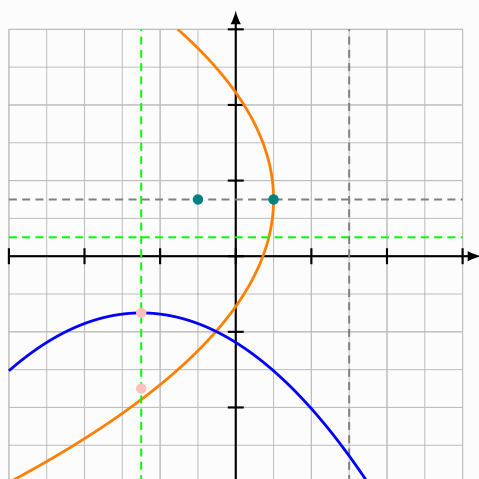
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[]
  \TracerAxesGrilles[Grads=false,Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \TracerParabole[Sens=H,Couleur=orange,Nom=paraB]{(0.5,0.75)}{-1}
  \AfficherElementsParabole%
    [Sens=H,AffTout,CouleurPoints=teal,CouleurDroites=gray]%
    {paraB}{(0.5,0.75)}{-1}
  \TracerParabole[Sens=V,Couleur=blue,Nom=paraD]{(-1.25,-0.75)}{-1}
  \AfficherElementsParabole%
    [Sens=V,AffTout,CouleurPoints=pink,CouleurDroites=green]%
    {paraD}{(-1.25,-0.75)}{-1}
\end{GraphiqueTikz}

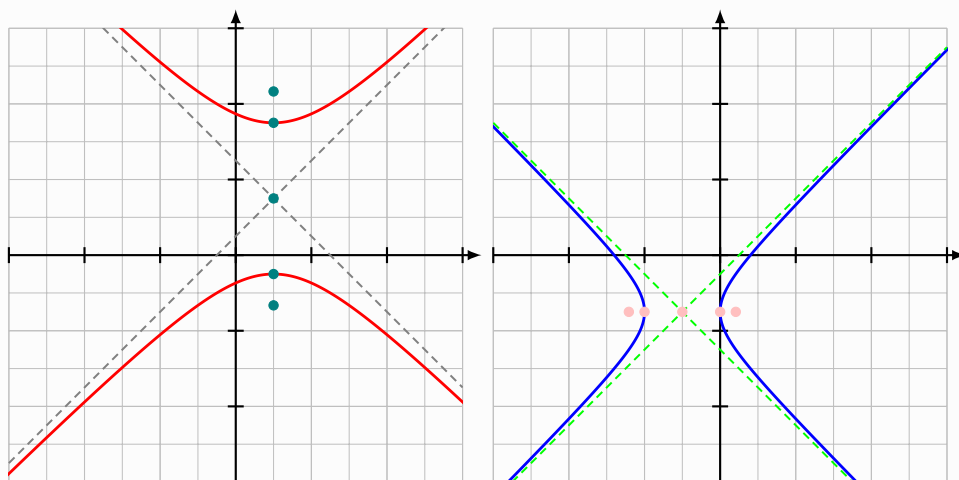
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[]
  \TracerAxesGrilles[Grads=false,Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \TracerHyperbole[Couleur=red,Nom=hyperb]{(0.5,0.75)}{1}{1}
  \AfficherElementsHyperbole%
    [AffTout,CouleurPoints=teal,CouleurDroites=gray]%
    {hyperb}{(0.5,0.75)}{1}{1}
\end{GraphiqueTikz}
\begin{GraphiqueTikz}[]
  \TracerAxesGrilles[Grads=false,Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \TracerHyperbole[Couleur=blue,Nom=hyperbol,Sens=H]{(-0.5,-0.75)}{0.5}{0.5}
  \AfficherElementsHyperbole%
    [AffTout,CouleurPoints=pink,CouleurDroites=green,Sens=H]%
    {hyperbol}{(-0.5,-0.75)}{0.5}{0.5}
\end{GraphiqueTikz}

```



9.4 Transformations

9.4.1 Translation

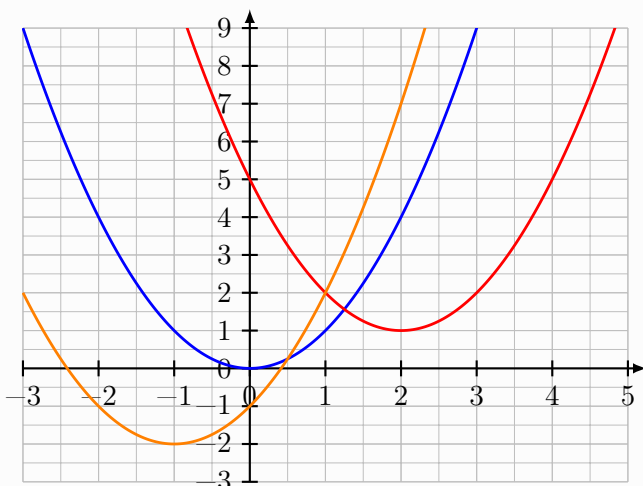
Il est possible de tracer la courbe translatée $x \mapsto f(x - a) + b$ d'une fonction, d'un spline ou d'une interpolation.

```
%avec une formule xint
\TracerTransformee[clés]{nom_fct}{a}{b}
%avec un spline cubique
\TracerTransformee[Spline,clés]{liste_spline}{a}{b}
%avec une interpolation
\TracerTransformee[Interpo,clés]{liste_interpo}{a}{b}
```

Les Clés disponibles sont :

- **Couleur=...** : couleur du tracé (**black** par défaut);
- **StyleTrace=...** : style TikZ supplémentaire;
- **Nom=...** : nom du *path* pour réutilisation;
- **Debut=.../Fin=...** : bornes du tracé (**\pflxmin/\pflxmax** par défaut);
- **Pas=...** : pas du tracé (calculé automatiquement);
- **Clip=true/false** : clipping sur la fenêtre (**true** par défaut);
- **Spline=true/false** : mode spline cubique (**false** par défaut);
- **Interpo=true/false** : mode interpolation (**false** par défaut);
- **Alt=true/false** : mode alternatif pour les splines (**false** par défaut);
- **Coeffs=...** : coefficient(s) de lissage pour les splines (**3** par défaut);
- **Tension=...** : tension pour les interpolations (**0.5** par défaut).

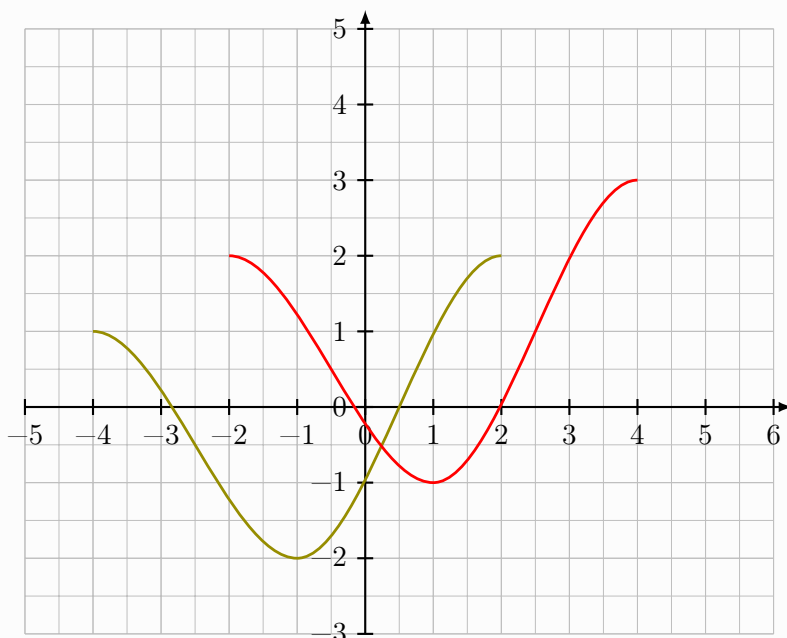
```
\begin{GraphiqueTikz}[x=1cm,y=0.5cm,Xmin=-3,Xmax=5,Ymin=-3,Ymax=9]
\TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
\DefinirCourbe[Nom=cf,Trace,Couleur=blue]<f>{x^2}
\TracerTransformee[Couleur=red,Nom=cg]{f}{2}{1}           %f(x-2)+1
\TracerTransformee[Couleur=orange,Nom=ch]{f}{-1}{-2}      %f(x+1)-2
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\def\LISTESPLINE{-4/1/0 § -1/-2/0 § 2/2/0}
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.9cm,y=1cm,Xmin=-5,Xmax=6,Ymin=-3,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  % courbe originale
  \DefinirCourbeSpline[Trace,Couleur=olive]{\LISTESPLINE}
  % courbe transformée  $f(x-2)+1$ 
  \TracerTransformee[Spline,Couleur=red]{\LISTESPLINE}{2}{1}
\end{GraphiqueTikz}

```



9.4.2 Réflexion

Il est possible de tracer la courbe symétrique d'une fonction, d'un spline ou d'une interpolation par rapport aux axes Ox , Oy ou à la droite $y = x$ (réciproque).

```

%avec une formule xint
\TracerReflexion[clés]{nom_fct}
%avec un spline cubique
\TracerReflexion[Spline,clés]{liste_spline}
%avec une interpolation
\TracerReflexion[Interpo,clés]{liste_interpo}

```

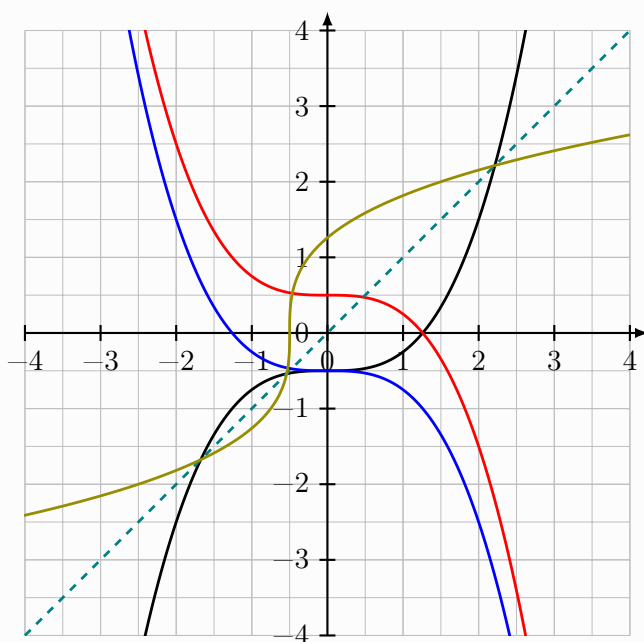
Les **Clés** disponibles sont :

- **Axe=x/y/yx** : axe de symétrie — **x** pour $-f(x)$, **y** pour $f(-x)$, **yx** pour la réciproque (**x** par défaut);
- **Couleur=...** : couleur du tracé (**black** par défaut);
- **StyleTrace=...** : style TikZ supplémentaire;
- **Nom=...** : nom du *path* pour réutilisation;
- **Debut=.../Fin=...** : bornes du tracé (paramètre t pour **Axe=yx**);
- **Clip=true/false** : clipping sur la fenêtre (**true** par défaut);
- **Spline=true/false** : mode spline cubique (**false** par défaut);
- **Interpo=true/false** : mode interpolation (**false** par défaut);
- **Alt=true/false** : mode alternatif pour les splines (**false** par défaut);

- **Coeffs=...** : coefficient(s) de lissage pour les splines (3 par défaut) ;
- **Tension=...** : tension pour les interpolations (0.5 par défaut).

Remarque : pour **Axe=yx** avec **Spline** ou **Interpo**, la symétrie est correcte uniquement si les unités x et y sont égales. Un avertissement est émis dans le log sinon.

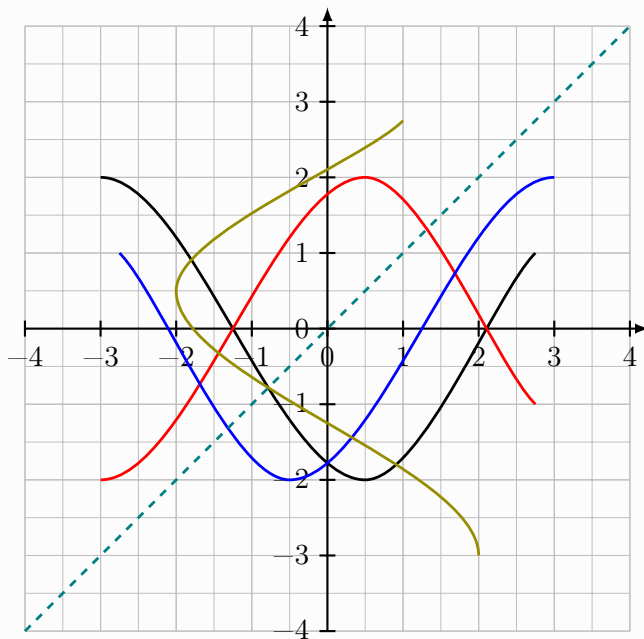
```
\begin{GraphiqueTikz}[x=1cm,y=1cm,Xmin=-4,Xmax=4,Ymin=-4,Ymax=4]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DdefinirCourbe[Nom=cf,Trace,Couleur=black]<f>{x^3/4-0.5}
  \TracerReflexion[Axe=x,Couleur=red]{f}
  \TracerReflexion[Axe=y,Couleur=blue]{f}
  \TracerCourbe[Couleur=teal,StyleTrace=dashed]{x}
  \TracerReflexion[Axe=yx,Couleur=olive,Debut=-4,Fin=4]{f}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\def\LISTESPLINE{-3/2/0 § 0.5/-2/0 § 2.75/1/1}
\begin{GraphiqueTikz}[x=1cm,y=1cm,Xmin=-4,Xmax=4,Ymin=-4,Ymax=4]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DefinirCourbeSpline[Trace,Couleur=black]{\LISTESPLINE}
  \TracerReflexion[Axe=x,Spline,Couleur=red]{\LISTESPLINE}
  \TracerReflexion[Axe=y,Spline,Couleur=blue]{\LISTESPLINE}
  \TracerCourbe[Couleur=teal,StyleTrace=dashed]{x}
  \TracerReflexion[Axe=yx,Spline,Couleur=olive]{\LISTESPLINE}
\end{GraphiqueTikz}

```



9.5 Taylor

Il est possible de tracer le polynôme de Taylor (ou de Maclaurin) d'ordre N d'une fonction en un point a , calculé par différences finies centrées.

Remarque : cette commande est uniquement disponible pour les fonctions définies via une expression `xint` (pas de spline ni d'interpolation).

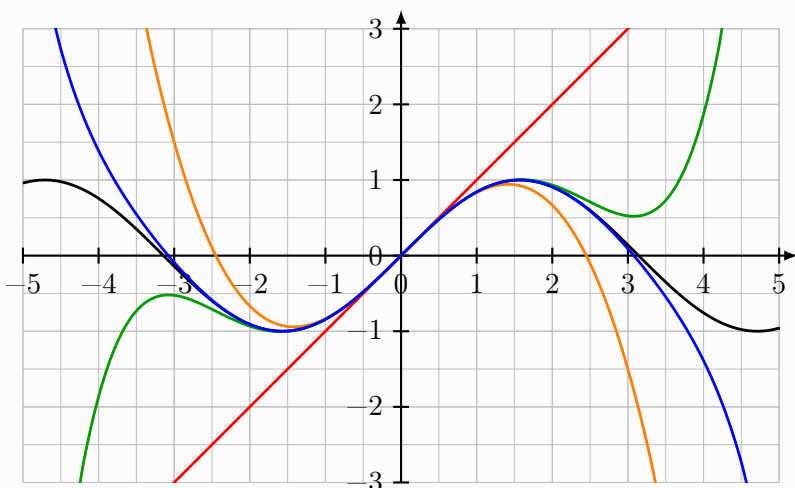
```
%tracé direct
\TracerTaylor[clés]{nom_fct}{a}
%définition + tracé optionnel (Trace=true)
\DefinirTaylor[clés]<nom_taylor>{nom_fct}{a}
```

Les **Clés** disponibles sont :

- **Ordre=...** : degré N du polynôme (5 par défaut) ;
- **h=...** : pas de dérivation numérique (0.01 par défaut) ;
- **Couleur=...** : couleur du tracé (black par défaut) ;
- **StyleTrace=...** : style TikZ supplémentaire ;
- **Nom=...** : nom du *path* pour réutilisation ;
- **Debut=.../Fin=...** : bornes du tracé (`\pflxmin`/`\pflxmax` par défaut) ;
- **Pas=...** : pas du tracé (calculé automatiquement) ;
- **Clip=true/false** : clipping sur la fenêtre (true par défaut) ;
- **Trace=true/false** : tracé immédiat pour `\DefinirTaylor` (false par défaut).

Remarque : les valeurs du polynôme sont automatiquement bornées entre `\pflMinoffsetV` et `\pflMaxoffsetV` pour éviter les débordements TikZ hors de la fenêtre, notamment pour les ordres élevés hors du rayon de convergence. Pour $N > 7$, les erreurs numériques peuvent devenir significatives.

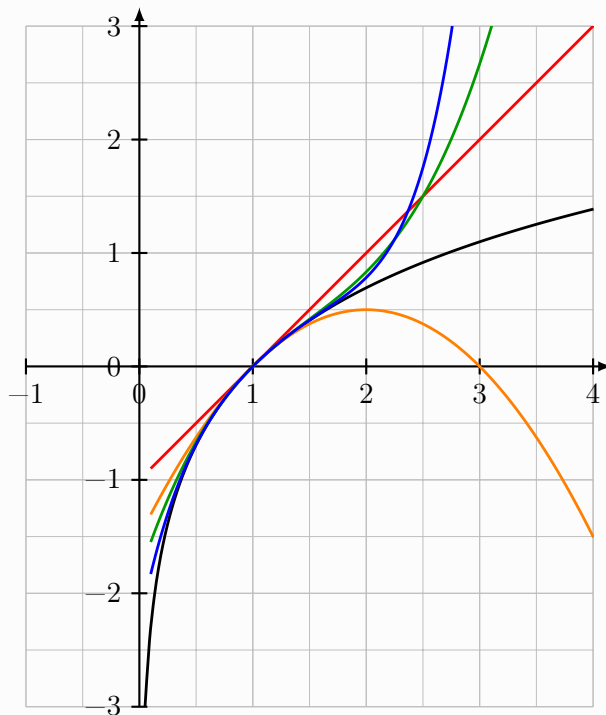
```
%sin(x) autour de 0, ordres 1, 3, 5, 7
\begin{GraphiqueTikz}[x=1cm,y=1cm,Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-3,Ymax=3]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DefinirCourbe[Trace,Couleur=black]<f>{sin(x)}
  \TracerTaylor[Ordre=1,Couleur=red]{f}{0}
  \TracerTaylor[Ordre=3,Couleur=orange]{f}{0}
  \TracerTaylor[Ordre=5,Couleur=green!60!black]{f}{0}
  \TracerTaylor[Ordre=7,Couleur=blue]{f}{0}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

%ln(x) autour de 1 - rayon de convergence = 1
\begin{GraphiqueTikz}[x=1.5cm,y=1.5cm,Xmin=-1,Xmax=4,Ymin=-3,Ymax=3]
  \TracerAxesGrilles[Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \TracerCourbe[Couleur=black,Epaisseur=1.5pt,Debut=0.05]{ln(x)}
  \TracerTaylor[Ordre=1,Couleur=red,Debut=0.1,Fin=4]{ln}{1}
  \TracerTaylor[Ordre=2,Couleur=orange,Debut=0.1,Fin=4]{ln}{1}
  \TracerTaylor[Ordre=3,Couleur=green!60!black,Debut=0.1,Fin=4]{ln}{1}
  \TracerTaylor[Ordre=5,Couleur=blue,Debut=0.1,Fin=4]{ln}{1}
\end{GraphiqueTikz}

```



9.6 Familles de courbes

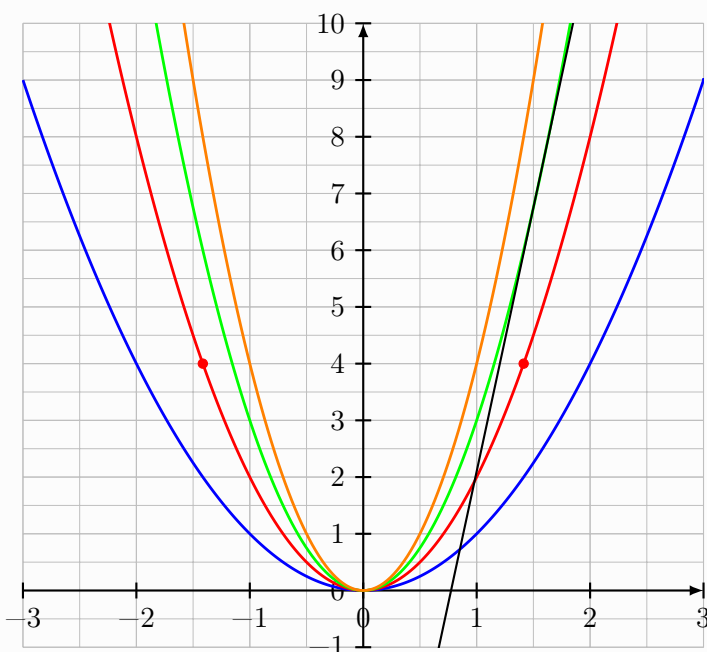
- Les commandes de familles de courbes sont **expérimentales** et leur syntaxe pourra évoluer dans les versions futures.
- Le paramètre de la famille est noté **n** dans l'expression — il sera substitué par chaque valeur entière de l'intervalle {début n}{fin n}.

9.6.1 Définition et tracé dans l'environnement

```
\DefinirFamilleCourbes[clés]<nom>{expr avec n}{début}{fin}
```

- **<nom>** : nom de la famille, utilisé comme base des fonctions xint (**nom_1**, **nom_2**...) et des *name paths* (famille-nom-1, famille-nom-2...);
- **{expr}** : expression avec **n** comme paramètre entier;
- **{début}{fin}** : bornes entières de l'intervalle;
- **Trace** : booléen pour tracer les courbes (**false** par défaut);
- **Couleurs** : liste CSV de couleurs explicites;
- **CouleurBase** : couleur de base pour un dégradé automatique;
- **Couleur** : couleur unique pour toutes les courbes (**black** par défaut);
- **Debut/Fin** : bornes de tracé (valeurs de l'environnement par défaut);
- **DefGlobale** : booléen pour rendre les fonctions xint globales (**false** par défaut).

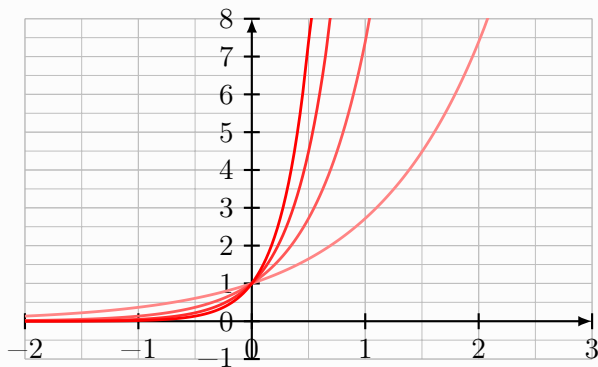
```
\begin{GraphiqueTikz}[x=1.5cm,y=0.75cm,Xmin=-3,Xmax=3,Ymin=-1,Ymax=10]
  \TracerAxesGrilles{auto}{auto}
  % famille n*x^2 pour n=1..4, couleurs explicites
  \DefinirFamilleCourbes%
    [Trace,Couleurs={blue,red,green,orange}]%
    <parab>{n*x^2}{1}{4}
  % exploitable dans l'environnement
  \TrouverAntecedents[Traits,Couleur=red]{famille-parab-2}{4}
  \TracerTangente[Couleur=blue]{parab_3}{1.5}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}[x=1.5cm,y=0.5cm,Xmin=-2,Xmax=3,Ymin=-1,Ymax=8]
  \TracerAxesGrilles{auto}{auto}
  % famille  $\exp(nx)$  avec dégradé automatique
  \DefinirFamilleCourbes%
    [Trace,CouleurBase=red,RestreindreY]%
    <expo>{exp(n*x)}{1}{4}
\end{GraphiqueTikz}

```



9.6.2 Fonctionnement hors/dans environnement

```

%hors environnement → fonctions xint globales
\GenererFamilleFonctions<parab>{n*x^2}{1}{4}

%dans environnement → tracé uniquement
\TracerFamilleCourbes[clés]<parab>

```

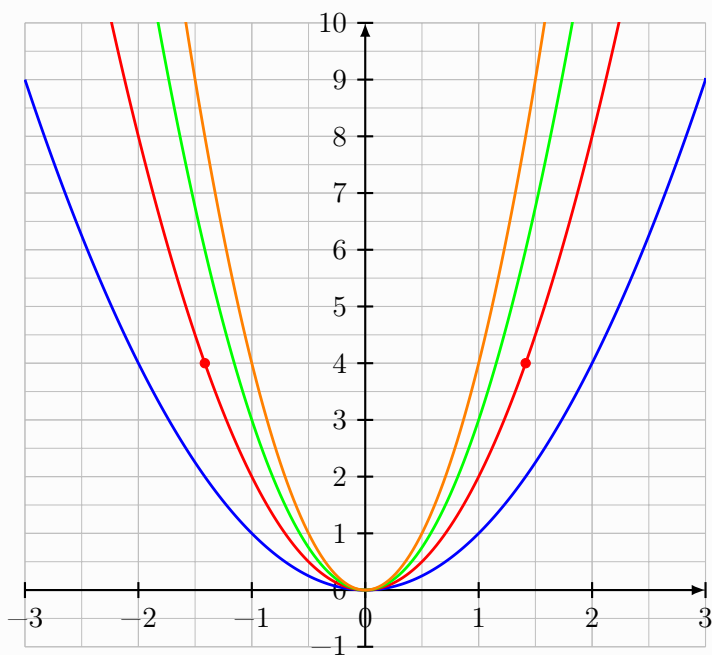
```

\begin{GraphiqueTikz}[x=1.5cm,y=0.75cm,Xmin=-3,Xmax=3,Ymin=-1,Ymax=10]
  \TracerAxesGrilles{auto}{auto}
  \DefinirFamilleCourbes[Trace,Couleurs={blue,red,green,orange},DefGlobale]%
    <parab>{n*x^2}{1}{4}
  \TrouverAntecedents[Traits,Couleur=red]{famille-parab-2}{4}
\end{GraphiqueTikz}

%après - fonctions accessibles globalement
$f_2(3) = \xintfloateval{parab_2(3)}$

\tkzgCalcIntegrale*{parab_2(x)}{0}{2}[\monres]
$\displaystyle\int_0^2 f_2(x) dx \approx \monres$

```



$$f_2(3) = 18$$

$$\int_0^2 f_2(x) dx \approx 5.33333333333334$$

9.7 Graphiques semi-logarithmiques et log-log (expérimental)

9.7.1 Environnements

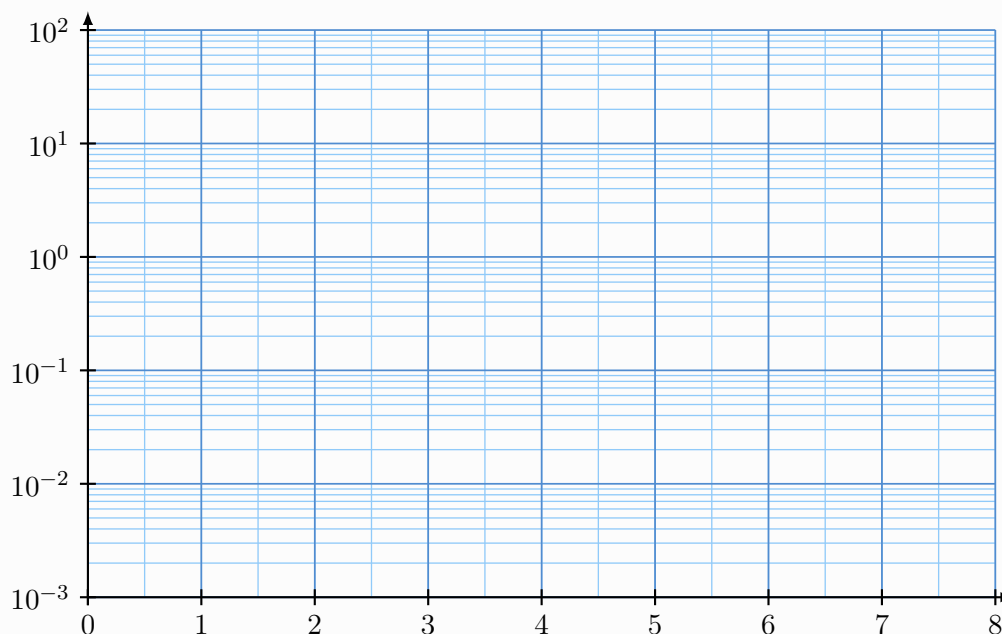
```
% semi-log (axe Y logarithmique)
\begin{GraphiqueTikzSemiLog}[...]<...>
  \TracerAxesGrillesSemiLog[clés]{valeurs X}
  \TracerCourbeSemiLog[clés]{expression}
  \TracerNuageSemiLog[clés]{liste X}{liste Y}
\end{GraphiqueTikzSemiLog}

% log-log (deux axes logarithmiques)
\begin{GraphiqueTikzLogLog}[...]<...>
  \TracerAxesGrillesLogLog[clés]
  \TracerCourbeLogLog[clés]{expression}
  \TracerNuageLogLog[clés]{liste X}{liste Y}
\end{GraphiqueTikzLogLog}
```

- **Ymin/Ymax** : valeurs réelles (ex : Ymin=0.01,Ymax=1000) qui **doivent** être des puissances de 10 ;
- **Puissance** : booléen (**true** par défaut) qui affiche 10^n sur l'axe Y, sinon la valeur décimale.

9.7.2 Exemples

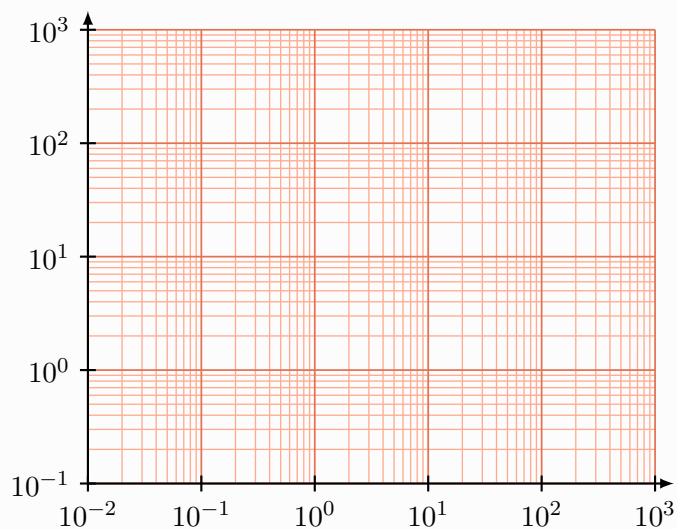
```
\begin{GraphiqueTikzSemiLog}%
  [x=1.5cm,y=1.5cm,Xmin=0,Xmax=8,Ymin=0.001,Ymax=100,Xgrille=1,Xgrilles=0.5] %
  <Theme=bleu>
  \TracerAxesGrillesSemiLog[Elargir=2.5mm]{0,...,8}
\end{GraphiqueTikzSemiLog}
```



```

\begin{GraphiqueTikzLogLog}%
[x=1.5cm,y=1.5cm,Xmin=0.01,Xmax=1000,Ymin=0.1,Ymax=1000]<Theme=chaud>
\TracerAxesGrillesLogLog[Elargir=2.5mm]
\end{GraphiqueTikzLogLog}

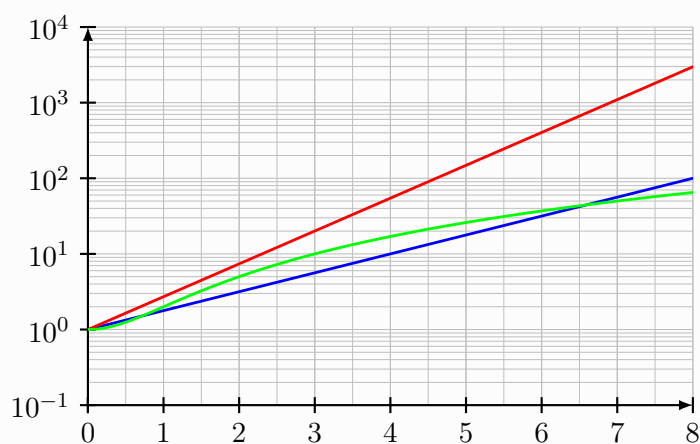
```



```

\begin{GraphiqueTikzSemiLog}%
[x=1cm,y=1cm,Xmin=0,Xmax=8,Ymin=0.1,Ymax=10000,Xgrille=1,Xgrilles=0.5]
\TracerAxesGrillesSemiLog{auto}
% f(x) = 10^(x/4) → droite en semi-log
\TracerCourbeSemiLog[Couleur=blue]{10^(x/4)}
% g(x) = exp(x)
\TracerCourbeSemiLog[Couleur=red]{exp(x)}
% h(x) = x^2+1
\TracerCourbeSemiLog[Couleur=green]{x^2+1}
\end{GraphiqueTikzSemiLog}

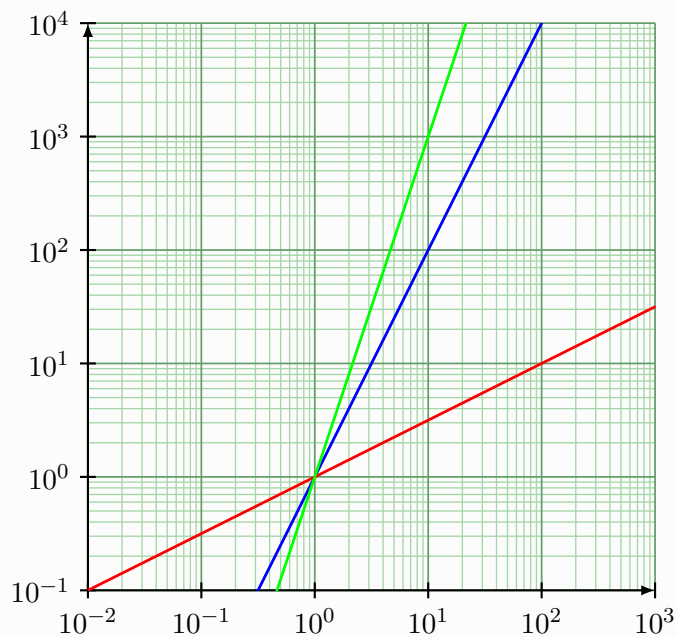
```



```

\begin{GraphiqueTikzLogLog}%
  [x=1.5cm,y=1.5cm,Xmin=0.01,Xmax=1000,Ymin=0.1,Ymax=10000]<Theme=vert>
  \TracerAxesGrillesLogLog
  % f(x) = x^2 → droite de pente 2 en log-log
  \TracerCourbeLogLog[Couleur=blue]{x^2}
  % g(x) = x^(0.5) → droite de pente 0.5
  \TracerCourbeLogLog[Couleur=red]{sqrt(x)}
  % h(x) = x^3 → droite de pente 3
  \TracerCourbeLogLog[Couleur=green]{x^3}
\end{GraphiqueTikzLogLog}

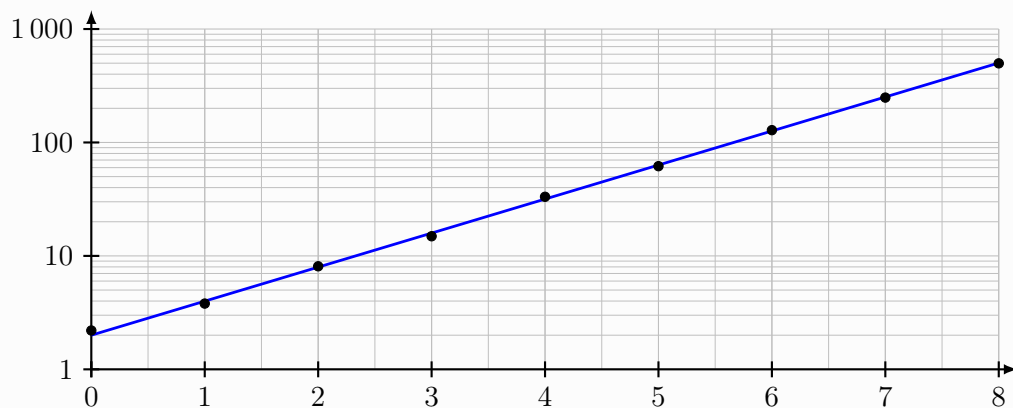
```



```

\begin{GraphiqueTikzSemiLog}%
  [x=1.5cm,y=1.5cm,Xmin=0,Xmax=8,Ymin=1,Ymax=1000,Xgrille=1,Xgrilles=0.5]
  \TracerAxesGrillesSemiLog[Elargir=2.5mm,Puissance=false]{auto}
  % courbe théorique
  \TracerCourbeSemiLog[Couleur=blue]{2*10^(0.3*x)}
  % nuage de points (avec un peu de bruit)
  \TracerNuageSemiLog
  {0,1,2,3,4,5,6,7,8}%
  {2.2, 3.8, 8.1, 14.9, 33.2, 61.8, 128.4, 248.7, 498.3}
\end{GraphiqueTikzSemiLog}

```



9.8 Nuages de points avec transformation

Les commandes suivantes permettent de tracer un nuage de points en appliquant une transformation aux données avant le tracé — utile pour la linéarisation de modèles non linéaires.

```
\TracerNuagePoints[ModeTransfo=...,Clés points]{liste X}{liste Y}
```

- `ModeTransfo` : transformation appliquée aux données avant le tracé (`lin` par défaut) ;
- `[Clés points]` : clés passées à `\MarquerPts` (style, couleur...).

Les modes `semilogx`, `semilogy` et `loglog` nécessitent d’être dans un environnement `GraphiqueTikzSemiLog` ou `GraphiqueTikzLogLog` : les variables de translation `\pflslogexpomin` et `\pflslogexpominx` doivent être définies.

Le tableau suivant récapitule les modes disponibles :

Mode	X tracé	Y tracé
<code>lin</code>	x	y
<code>lnx</code> / <code>lny</code> / <code>lnxy</code>	$\ln(x)$	$\ln(y)$
<code>log10x</code> / <code>log10y</code> / <code>log10xy</code>	$\log_{10}(x)$	$\log_{10}(y)$
<code>expx</code> / <code>expy</code> / <code>expxy</code>	e^x	e^y
<code>invx</code> / <code>invy</code> / <code>invxy</code>	$1/x$	$1/y$
<code>sqrtx</code> / <code>sqrty</code> / <code>sqrty</code>	\sqrt{x}	\sqrt{y}
<code>carrex</code> / <code>carrey</code> / <code>carrey</code>	x^2	y^2
<code>semilogx</code> / <code>semilogy</code>	$\log_{10} + \text{translation (SemiLog)}$	
<code>loglog</code>	$\log_{10} + \text{translation (LogLog)}$	

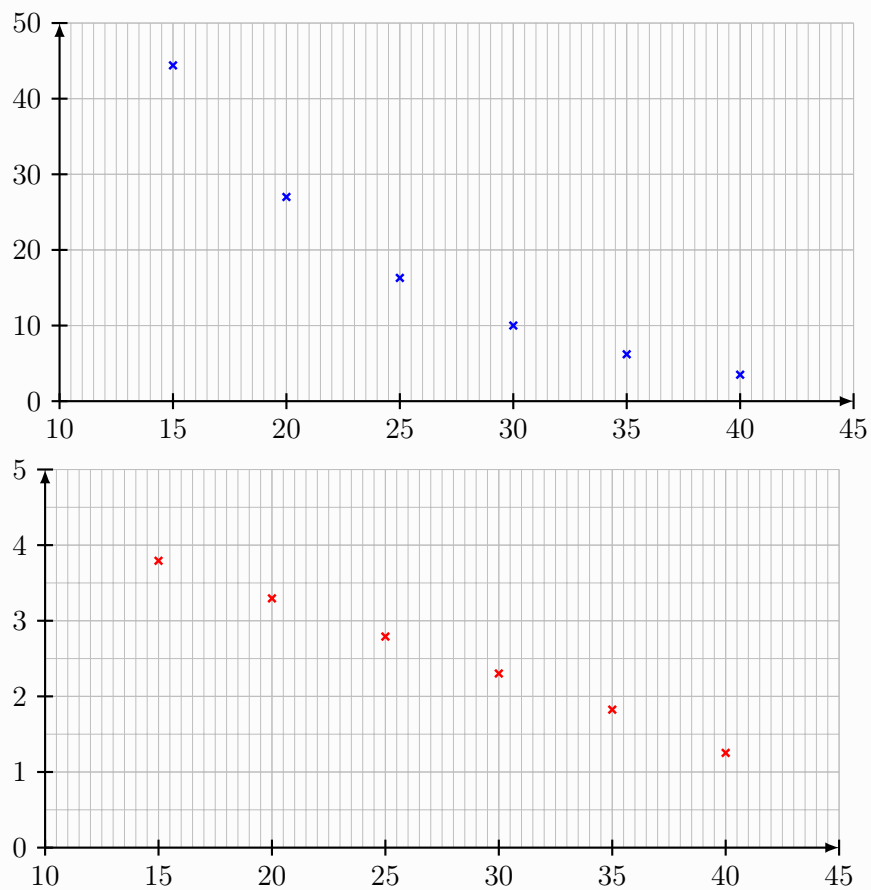
```

\def\listeX{15,20,25,30,35,40}
\def\listeY{44.4,27.0,16.3,10.0,6.2,3.5}

%nuage brut
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=0.3cm,y=0.1cm,Origx=10,Xmin=10,Xmax=45,%
  Ymin=0,Ymax=50,Xgrille=5,Ygrille=10,Ygrilles=10]
  \TracerAxesGrilles{auto}{auto}
  \TracerNuagePoints[Style=x,Couleur=blue]{\listeX}{\listeY}
\end{GraphiqueTikz}

%nuage transformé  $z=\ln(y)$ 
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=0.3cm,y=1cm,Origx=10,Xmin=10,Xmax=45,Ymin=0,Ymax=5,Xgrille=5,Ygrille=1]
  \TracerAxesGrilles{auto}{auto}
  \TracerNuagePoints[ModeTransfo=lny,Style=x,Couleur=red]{\listeX}{\listeY}
\end{GraphiqueTikz}

```



9.9 Lecture de fichiers CSV

Ces commandes nécessitent le chargement préalable de `csvsimple`, un avertissement est émis sinon.

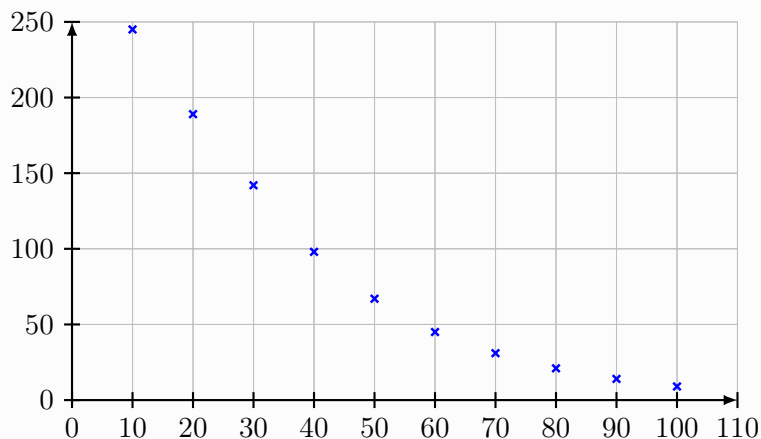
9.9.1 Tracer directement depuis un CSV

```
%usepackage{csvsimple}
\TracerNuageDepuisCSV[Clés]<Clés points>{fichier.csv}{colX}{colY}
```

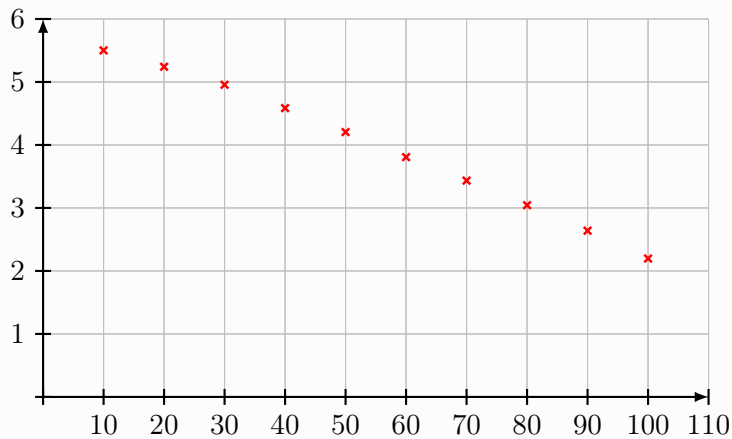
- `ModeTransfo` : même modes que `\TracerNuagePoints` (lin par défaut);
- `Separeteur` : séparateur CSV (semicolon par défaut);
- `MaxLignes` : nombre maximum de lignes traitées (100000 par défaut) — utile pour limiter le temps de compilation;
- `<Clés points>` : clés passées à `\MarquerPts`.

```
\begin{filecontents*}{datatestgrapheur.csv}
n;x;y
1;10;245
2;20;189
3;30;142
4;40;98
5;50;67
6;60;45
7;70;31
8;80;21
9;90;14
10;100;9
\end{filecontents*}
```

```
%nuage brut
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=0.08cm,y=0.02cm,Xmin=0,Xmax=110,%
  Ymin=0,Ymax=250,Xgrille=10,Xgrilles=10,Ygrille=50,Ygrilles=50]
  \TracerAxesGrilles{auto}{auto}
  \TracerNuageDepuisCSV<Style=x,Couleur=blue>{datatestgrapheur.csv}{x}{y}
\end{GraphiqueTikz}
```



```
% nuage transformé lny
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=0.08cm,y=0.833cm,Xmin=0,Xmax=110,Ymin=0,Ymax=6,Xgrille=10,Xgrilles=10,Ygrilles=1]
  \TracerAxesGrilles*{auto}{auto}
  \TracerNuageDepuisCSV%
  [ModeTransfo=lny]%
  <Style=x,Couleur=red>{datatestgrapheur.csv}{x}{y}
\end{GraphiqueTikz}
```



9.9.2 Créer des listes depuis un CSV

Si l'on préfère stocker les données dans des macros avant de les utiliser :

```
\CreerListesDepuisCSV[clés]{fichier.csv}{colX}{colY}{nomMacroX}{nomMacroY}
```

- `{nomMacroX}/{nomMacroY}` : noms des macros de sortie (sans `\`), qui créent `\nomMacroX` et `\nomMacroY` ;
- mêmes clés `ModeTransfo`, `Separeteur`, `MaxLignes` que `\TracerNuageDepuisCSV`.

9.10 Courbes implicites (LuaLaTeX)

9.10.1 Principe

La commande `\TracerCourbeImplicite` permet de tracer une courbe définie implicitement par $f(x, y) = 0$, en utilisant l'algorithme des *marching squares* : le repère est découpé en une grille de cellules, et pour chaque cellule, on détecte les changements de signe de f sur les arêtes par interpolation linéaire.

Prérequis : cette commande nécessite une compilation en LuaLaTeX (`luacode` est chargé par `tkz-grapheur`).

☛ Cette commande est *alpha*-expérimentale, donc beaucoup de prudence sur son utilisation :

- pas de gestion des valeurs interdites...
- possibilité de *bruit* suivant la précision des calculs et de la tolérance...
- temps de compilation qui peut être élevé pour des *grands* graphique...

9.10.2 Syntaxe

```
\TracerCourbeImplicite[clés]{expression f(x,y)}
```

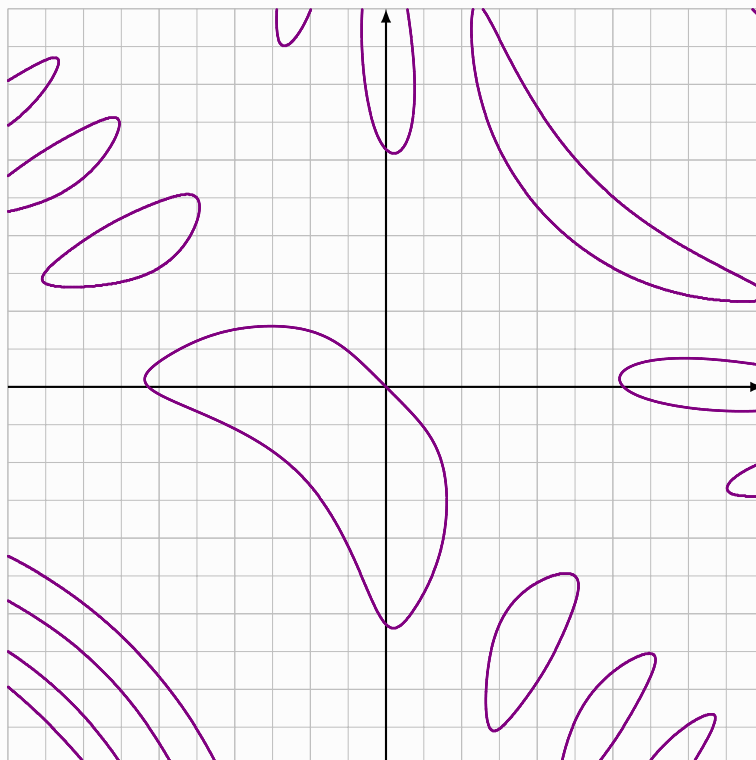
Les <clés> disponibles sont :

- **Pas** : pas de la grille — `auto` pour un calcul automatique depuis l'épaisseur, sinon une valeur numérique (0.05 par exemple) ; défaut `auto` ;
- **CoeffPasAuto** : coefficient multiplicateur du pas automatique ; défaut `1` ;
- **Couleur** : couleur du tracé ; défaut `black` ;
- **Epaisseur** : épaisseur des points de la courbe ; défaut `0.2875pt` ;
- **Tolerance** : seuil de détection des zéros exacts ; défaut `1e-10`.

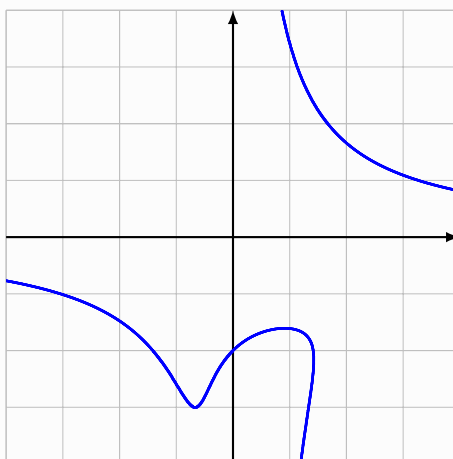
L'expression `f(x,y)` est saisie avec la syntaxe habituelle : `x^2+y^2-1` pour $x^2 + y^2 - 1 = 0$, `sin(x+y)-cos(x*y)` etc. Les fonctions disponibles sont `sin`, `cos`, `tan`, `exp`, `sqrt`, `log`, `abs` ainsi que les constantes `pi` et `e`.

9.10.3 Exemples

```
\begin{GraphiqueTikz}[Xmin=-5,Xmax=5,Ymin=-5,Ymax=5]
  \TracerAxesGrilles{}{}
  \TracerCourbeImplicite%
    [Couleur=violet,CoeffPasAuto=2]%
    {sin(x+y)-cos(x*y)+1}
\end{GraphiqueTikz}
```



```
\begin{GraphiqueTikz}%
  [x=1.5cm,y=1.5cm,Xmin=-2,Xmax=2,Ymin=-2,Ymax=2]
  \TracerAxesGrilles{}{}
  \TracerCourbeImplicite[Couleur=blue]{x*y^2+2*x^3*y^3-y-1}
\end{GraphiqueTikz}
```



10 Commandes numériques

10.1 Introduction

En marge des commandes graphiques, des commandes numériques ont été intégrées au package `tkz-grapheur`.

Les résultats obtenus sont *bruts*, afin de pouvoir être réutilisés (arrondis, formatage) ultérieurement.

Les commandes présentées dans cette section sont des *moteurs de calcul numérique* utilisables dans et hors de l'environnement `GraphiqueTikz`.

Elles stockent leurs résultats dans des macros et/ou les affichent directement. La convention est :

- sans étoile `\commande{...}` : affiche le résultat ;
- avec étoile `\commande*{...}[\macro]` : stocke le résultat dans `\macro` (défaut : `\mycalcres`).

10.2 Analyse

10.2.1 Maximum, minimum

```
\tkzgCalcMax[precision]{expr}{deb}{fin}[\macromax] [\macroxmax]  
\tkzgCalcMax[precision]{expr}{deb}{fin}[\macromin] [\macroxmin]
```

- `[précision]` : précision décimale.

```
\tkzgCalcMax{80*x*exp(-0.2*x)}{3}{10}\tmpmax\ en \tmpmaxvalx
```

147.1517764685769 en 5

```
\tkzgCalcMin[0.001]  
  {log(exp(-x)+1)+0.25*x}{1}{1.2}  
  [\MonMin]  
  [\MonMinX]  
\MonMin\ en \MonMinX
```

0.5623351587104050 en 1.099

10.2.2 Taux d'accroissement, nombre dérivée

```
\tkzgTauxAccroiss*{expression}{a}{h}[\macro]  
  
\tkzgDeriveeNum*[precision]<gd>{expr}{a}[\macro]
```

- `[précision]` : précision décimale.

```
% entre 2 et 2 + 0.5, avec f(x)=x^2  
\tkzgTauxAccroiss{x**2}{2}{0.5}
```

4.5

```

% en x=3 : f'(3) = 6
\tkzgDeriveeNum{x^2}{3}           % symétrique + 6.000...
\tkzgDeriveeNum<d>{x^2}{3}        % droite + 6.0001...
\tkzgDeriveeNum<g>{x^2}{3}        % gauche + 5.9999...

% en x=0 (borne gauche) : utiliser <d>
\tkzgDeriveeNum<d>{x^2}{0}        % + 0.0001...

% f(x) = sin(x), f'(0) = 1
\tkzgDeriveeNum{sin(x)}{0}        % + 1.000...

```

```

6 6.0001 5.9999
0.0001
0.9999999983333335

```

10.2.3 Intégrale numérique (méthode de Simpson)

```

\tkzgCalcIntegrale[N]{expression}{a}{b}
\tkzgCalcIntegrale*[N]{expression}{a}{b}[\macro]

```

— [N] : nombre de subdivisions (50 par défaut).

```

$\displaystyle\int_0^{\pi} \sin(x)\,dx \approx
\rightarrow \tkzgCalcIntegrale{sin(x)}{0}{pi}$

\tkzgCalcIntegrale*[sin(x)]{0}{pi}[\monres]
$\displaystyle\int_0^{\pi} \sin(x)\,dx \approx \monres$

```

$$\int_0^{\pi} \sin(x) \, dx \approx 2.000000010824505$$

$$\int_0^{\pi} \sin(x) \, dx \approx 2.000000010824505$$

10.2.4 Résolution approchée par dichotomie

```

\tkzgResolApproch[precision]{equation}{a:b}
\tkzgResolApproch*[precision]{equation}{a:b}[\macro]

%avec vérification TVI (f(a)*f(b)<0)
\tkzgResolApprochTVI[precision]{equation}{a:b}
\tkzgResolApprochTVI*[precision]{equation}{a:b}[\macro]

```

- [precision] : précision en valeur absolue (0.001 par défaut) ;
- {equation} : équation de la forme $f(x)=\text{valeur}$ ou simplement $f(x)$ (résolution = 0) ;
- {a:b} : intervalle de recherche.

La version **TVI** vérifie que $f(a) \times f(b) < 0$ avant de lancer la dichotomie — si ce n'est pas le cas, la macro retourne ???.

```
%résolution de  $e^x = 3$  sur  $[0;2]$ 
$x \approx \tkzgResolApproch{\exp(x)=3}{0:2}$
```

```
%stockage
\tkzgResolApproch*{\exp(x)=3}{0:2}[\monx]
$x \approx \monx$
```

$x \approx 1.098602294921875$
 $x \approx 1.098602294921875$

10.2.5 Seuil d'une suite récurrente

```
\tkzgCalcSeuilSuite[Nmax]{f(x)}{n0}{u0}{signe}{seuil}
\tkzgCalcSeuilSuite*[Nmax]{f(x)}{n0}{u0}{signe}{seuil}[\macro]
```

- $\{f(x)\}$: relation de récurrence $u_{n+1} = f(u_n)$;
- $\{n0\}$, $u0$: rang et valeur initiaux ;
- $\{signe\}$: condition d'arrêt parmi $>$, $<$, $>=$, $<=$;
- $\{seuil\}$: valeur seuil à atteindre ;
- $[Nmax]$: nombre maximal d'itérations (1000 par défaut) — sécurité anti-boucle infinie.

```
%premier n tel que  $1.05^n > 2$ 
\tkzgCalcSeuilSuite*{1.05*x}{0}{1}{>}{2}[\monrang]
$n_0 = \monrang$
```

$n_0 = 16$

10.3 Probabilités

10.3.1 Lois discrètes

– Loi binomiale

```
% $P(X=k)$ 
\tkzgCalcBinomP{n}{p}{k}
\tkzgCalcBinomP*{n}{p}{k}[\macro]

% $P(a \leq X \leq b)$  ( $a/b = * \Rightarrow$  borne naturelle, 0 ou n)
\tkzgCalcBinomC{n}{p}{a}{b}
\tkzgCalcBinomC*{n}{p}{a}{b}[\macro]
```

```
%  $X \rightarrow B(10 ; 0.3)$ 
$P(X=3) \approx \tkzgCalcBinomP{10}{0.3}{3}$

$P(X \leqslant 4) \approx \tkzgCalcBinomC{10}{0.3}{*}{4}$

$P(2 \leqslant X \leqslant 5) \approx \tkzgCalcBinomC{10}{0.3}{2}{5}$
```

$P(X = 3) \approx 0.266827932$
 $P(X \leq 4) \approx 0.8497316674$
 $P(2 \leq X \leq 5) \approx 0.8033426667$

– Loi de Poisson

```
%P(X=k)
\tkzgCalcPoissP{\lambda}{k}
\tkzgCalcPoissP*{\lambda}{k}[\macro]

%P(a<=X<=b)
\tkzgCalcPoissC{\lambda}{a}{b}
\tkzgCalcPoissC*{\lambda}{a}{b}[\macro]
```

```
% Y -> P(5)
$P(Y=3) \approx \tkzgCalcPoissP{5}{3}$

$P(Y \geqslant 2) \approx \tkzgCalcPoissC{5}{2}{*}$
```

$P(Y = 3) \approx 0.1403738958142806$
 $P(Y \geqslant 2) \approx 0.9595723180054873$

– Loi géométrique

```
%P(X=k)
\tkzgCalcGeomP{p}{k}
\tkzgCalcGeomP*{p}{k}[\macro]

%P(a<=X<=b)
\tkzgCalcGeomC{p}{a}{b}
\tkzgCalcGeomC*{p}{a}{b}[\macro]
```

```
% T -> G(0.3)
$P(T=4) \approx \tkzgCalcGeomP{0.3}{4}$

$P(T \leqslant 5) \approx \tkzgCalcGeomC{0.3}{*}{5}$
```

$P(T = 4) \approx 0.1029$
 $P(T \leqslant 5) \approx 0.83193$

– Loi hypergéométrique

```
%P(X=k)   N=population  n=tirage  m=succès dans population

\tkzgCalcHypergeomP{N}{n}{m}{k}
\tkzgCalcHypergeomP*{N}{n}{m}{k}[\macro]

%P(a<=X<=b)
\tkzgCalcHypergeomC{N}{n}{m}{a}{b}
\tkzgCalcHypergeomC*{N}{n}{m}{a}{b}[\macro]
```

```
% W -> H(50,10,6)
$P(W=3) \approx \tkzgCalcHypergeomP{50}{6}{10}{3}$

$P(1 \leqslant W \leqslant 4) \approx \tkzgCalcHypergeomC{50}{6}{10}{1}{4}$
```

$P(W = 3) \approx 0.07460967735845495$
 $P(1 \leqslant W \leqslant 4) \approx 0.7578036209858597$

10.3.2 Lois continues

– Loi normale

```
%P(a<=X<=b) (a/b = * => borne infinie)
\tkzgCalcNormC{mu}{sigma}{a}{b}
\tkzgCalcNormC*{mu}{sigma}{a}{b}[\macro]
```

```
% X -> N(100 ; 10)
$P(X \leqslant 115) \approx \tkzgCalcNormC{100}{10}{*}{115}$

$P(90 \leqslant X \leqslant 110) \approx \tkzgCalcNormC{100}{10}{90}{110}$

$P(X \geqslant 120) \approx \tkzgCalcNormC{100}{10}{120}{*}$
```

$P(X \leq 115) \approx 0.933192899994106$
 $P(90 \leq X \leq 110) \approx 0.682689361682794$
 $P(X \geq 120) \approx 0.0227502618904134$

– Loi exponentielle

```
%P(a<=X<=b) (a/b = * => 0 pour a, +inf approché pour b)
\tkzgCalcExpoC{lambda}{a}{b}
\tkzgCalcExpoC*{lambda}{a}{b}[\macro]
```

```
% Z -> Exp(0.1)
$P(Z \geqslant 5) \approx \tkzgCalcExpoC{0.1}{5}{*}$

$P(3 \leqslant Z \leqslant 8) \approx \tkzgCalcExpoC{0.1}{3}{8}$
```

$P(Z \geq 5) \approx 0.6065306597126334$
 $P(3 \leq Z \leq 8) \approx 0.2914892565644963$

– Loi de Student

```
%P(a<=T_nu<=b) [N] = subdivisions Simpson (50 par défaut)
\tkzgCalcStudentC[N]{nu}{a}{b}
\tkzgCalcStudentC*[N]{nu}{a}{b}[\macro]
```

```
% T -> Student(5)
$P(-2 \leqslant T \leqslant 2) \approx \tkzgCalcStudentC{5}{-2}{2}$

$P(T \geqslant 1.5) \approx \tkzgCalcStudentC{5}{1.5}{*}$
```

$P(-2 \leq T \leq 2) \approx 0.8980605179981787$
 $P(T \geq 1.5) \approx 0.09695044329706689$

– Loi de Fischer

```
%P(a<=F_{d1,d2}<=b) attention : a > 0 !
\tkzgCalcFischerC[N]{d1}{d2}{a}{b}
\tkzgCalcFischerC*[N]{d1}{d2}{a}{b}[\macro]
```

```
% F -> Fischer(5,10)
$P(1 \leqslant F \leqslant 3) \approx \tkzgCalcFischerC{5}{10}{1}{3}$
```

$$P(1 \leqslant F \leqslant 3) \approx 0.3995618628587974$$

10.3.3 Quantiles

– Loi normale

```
%P(X<=k)=p
\tkzgQuantileNormal{mu}{sigma}{p}
\tkzgQuantileNormal*{mu}{sigma}{p}[\macro]

%P(X>k)=p
\tkzgQuantileNormalSup{mu}{sigma}{p}
\tkzgQuantileNormalSup*{mu}{sigma}{p}[\macro]

%P(mu-h<X<mu+h)=p -> retourne h
\tkzgQuantileNormalCentre{mu}{sigma}{p}
\tkzgQuantileNormalCentre*{mu}{sigma}{p}[\macro]
```

```
% X -> N(100 ; 10)
$k$ tel que $P(X \leqslant k)=0{,}95$ :
$k$ \approx \tkzgQuantileNormal{100}{10}{0.95}$

$k$ tel que $P(X > k)=0{,}05$ :
$k$ \approx \tkzgQuantileNormalSup{100}{10}{0.05}$

$h$ tel que $P(100-h \leqslant X \leqslant 100+h)=0{,}95$ :
$h$ \approx \tkzgQuantileNormalCentre{100}{10}{0.95}$
```

k tel que $P(X \leqslant k) = 0,95$: $k \approx 116.4485549926758$
 k tel que $P(X > k) = 0,05$: $k \approx 116.4485549926758$
 h tel que $P(100 - h \leqslant X \leqslant 100 + h) = 0,95$: $h \approx 19.59964752197266$

– Loi binomiale

```
%plus petit k tel que P(X<=k)>=p
\tkzgQuantileBinom{n}{p}{seuil}
\tkzgQuantileBinom*{n}{p}{seuil}[\macro]

%plus grand k tel que P(X>=k)>=p
\tkzgQuantileBinomSup{n}{p}{seuil}
\tkzgQuantileBinomSup*{n}{p}{seuil}[\macro]
```

```
% X -> B(20 ; 0.3)
plus petit $k$ tel que $P(X \leq k) \geq 0{,}95$ :
$k = \text{\tkzgQuantileBinom}{20}{0.3}{0.95}$

plus grand $k$ tel que $P(X \geq k) \geq 0{,}05$ :
$k = \text{\tkzgQuantileBinomSup}{20}{0.3}{0.05}$
```

plus petit k tel que $P(X \leq k) \geq 0,95 : k = 9$
plus grand k tel que $P(X \geq k) \geq 0,05 : k = 9$

10.3.4 Intervalles de fluctuation et de confiance

```
%intervalle de fluctuation : p=proportion théorique, n=taille échantillon
\tkzgCalcIntFluctu<seuil>[niveau]{p}{n}[\borneinf] [\bornesup]
\tkzgCalcIntFluctu*<seuil>[niveau]{p}{n}[\borneinf] [\bornesup]

%intervalle de confiance : f=fréquence observée, n=taille échantillon
\tkzgCalcIntConf<seuil>[niveau]{f}{n}[\borneinf] [\bornesup]
\tkzgCalcIntConf*<seuil>[niveau]{f}{n}[\borneinf] [\bornesup]
```

- `<seuil>` : niveau de probabilité parmi 90, 95 (défaut), 99, ou `val` ;
- `[niveau]` : niveau scolaire parmi `2de` et `Term` ;
- `\borneinf`, `\bornesup` : macros de stockage des bornes (défaut : `\myborneinf`, `\mybornesup`).

```
%IF à 95% niveau Term, p=0.6, n=500
\tkzgCalcIntFluctu*{0.6}{500}[\myif] [\myifs]
$I_f = [\myif;\myifs]$

%IC à 95% niveau Term, f=0.63, n=500
\tkzgCalcIntConf*{0.63}{500}[\myic] [\myics]
$I_c = [\myic;\myics]$
```

$I_f = [0.557058551491595; 0.642941448508405]$
 $I_c = [0.5876803364852696; 0.6723196635147304]$

10.4 Statistiques

10.4.1 Paramètres statistiques

```
%liste simple
\tkzgCalcParamStats{liste}[min] [Q1] [median] [Q3] [max]

%liste avec effectifs (valeur/effectif, séparateur .)
\tkzgCalcParamStats*{liste}[min] [Q1] [median] [Q3] [max]
```

Des résultats sont également stockés automatiquement dans :

- `\mamyenne` : moyenne ;
- `\monecarttype` : écart-type.

```
\tkzGCalcParamStats{2,5,3,8,4,7,6,1,9,5}
Min : \monmin, Q1 : \monquartileun, Médiane : \mamediane,
Q3 : \monquartiletrois, Max : \monmax,
Moyenne : \mamoyenne, Écart-type : \monecarttype
```

Min : 1, Q1 : 3, Médiane : 5, Q3 : 7, Max : 9, Moyenne : 5, Écart-type : 2.449489742783178

10.4.2 Moyenne et écart-type

```
%liste simple
\tkzGCalcMoyEctype{liste}[\moyenne][\ecarttype]

%liste avec effectifs
\tkzGCalcMoyEctype*{liste}[\moyenne][\ecarttype]
```

```
\tkzGCalcMoyEctype{2,5,3,8,4,7,6,1,9,5}[\mamoy][\monect]
Moyenne : \mamoy, Écart-type : \monect

%avec effectifs : valeur/effectif
\tkzGCalcMoyEctype*{10/3,20/5,30/2}[\mamoy][\monect]
Moyenne : \mamoy, Écart-type : \monect
```

Moyenne : 5, Écart-type : 2.449489742783178
Moyenne : 19, Écart-type : 7

10.5 Sommes de termes de suites

10.5.1 Somme générale

```
\tkzGCalcSommeSuite{expr(k)}{deb}{fin}
\tkzGCalcSommeSuite*{expr(k)}{deb}{fin}[\macro]
```

- `{expr(k)}` : expression du terme général en fonction de `k` ;
- `{deb}`, `{fin}` : bornes inférieure et supérieure de la somme.

```
%somme des 10 premiers entiers
$\displaystyle\sum_{k=1}^{10} k = \tkzGCalcSommeSuite{k}{1}{10}$

%somme avec stockage
\tkzGCalcSommeSuite*{k^2}{1}{5}[\monres]
$\displaystyle\sum_{k=1}^5 k^2 = \monres$
```

$$\sum_{k=1}^{10} k = 55$$

$$\sum_{k=1}^5 k^2 = 55$$

10.5.2 Somme d’une suite arithmétique

```
\tkzGCalcSommeArithm{p}{a}{r}{n}  
\tkzGCalcSommeArithm*{p}{a}{r}{n}[\macro]
```

- {p} : rang initial ;
- {a} : valeur initiale u_p ;
- {r} : raison ;
- {n} : rang final.

```
%u0=3, raison=2, somme de u0 à u10  
$S = \tkzGCalcSommeArithm{0}{3}{2}{10}$  
  
\tkzGCalcSommeArithm*{0}{3}{2}{10}[\monres]  
$S = \monres$
```

$S = 143$
 $S = 143$

10.5.3 Somme d’une suite géométrique

```
\tkzGCalcSommeGeo{p}{a}{q}{n}  
\tkzGCalcSommeGeo*{p}{a}{q}{n}[\macro]
```

- {p} : rang initial ;
- {a} : valeur initiale u_p ;
- {q} : raison ;
- {n} : rang final.

```
%u0=1, raison=0.5, somme de u0 à u8  
$S = \tkzGCalcSommeGeo{0}{1}{0.5}{8}$  
  
\tkzGCalcSommeGeo*{0}{1}{0.5}{8}[\monres]  
$S = \monres$
```

$S = 1.99609375$
 $S = 1.99609375$

10.5.4 Somme d’une suite récurrente

```
\tkzGCalcSommeSuiteRecurr{f(x)}{p}{up}{n}  
\tkzGCalcSommeSuiteRecurr*{f(x)}{p}{up}{n}[\macro]
```

- {f(x)} : relation de récurrence $u_{n+1} = f(u_n)$;
- {p}, {up} : rang et valeur initiaux ;
- {n} : rang final.

```
%u0=100, un+1=1.03*un, somme de u0 à u5
$S = \tkzgCalcSommeSuiteRecurr{1.03*x}{0}{100}{5}$

\tkzgCalcSommeSuiteRecurr*{1.03*x}{0}{100}{5}[\monres]
$S \approx \monres$
```

$S = 646.84098843$
 $S \approx 646.84098843$

10.6 Taux d'évolution

10.6.1 Taux d'évolution

```
\tkzgCalcTauxEvol{VA}{VD}
\tkzgCalcTauxEvol*{VA}{VD}[\macro]
```

- {VA} : valeur d'arrivée ;
- {VD} : valeur de départ.

Le résultat est le taux $t = \frac{V_A - V_D}{V_D}$, exprimé sous forme décimale.

```
%passage de 80 à 92
$t = \tkzgCalcTauxEvol{92}{80}$

\tkzgCalcTauxEvol*{92}{80}[\montaux]
$t \approx \num{\montaux}$
```

$t = 0.15$
 $t \approx 0,15$

10.6.2 Taux réciproque

```
\tkzgCalcTauxReciproque{t}
\tkzgCalcTauxReciproque*{t}[\macro]
```

- {t} : taux d'évolution (sous forme décimale).

Le résultat est le taux réciproque $t' = \frac{1}{1+t} - 1$.

```
%taux réciproque d'une augmentation de 15%
$t' = \tkzgCalcTauxReciproque{0.15}$

\tkzgCalcTauxReciproque*{0.15}[\treciproque]
$t' \approx \num{\treciproque}$
```

$t' = -0.1304347826086957$
 $t' \approx -0,130\,434\,782\,608\,695\,7$

10.6.3 Taux moyen

```
\tkzgCalcTauxMoyen{t}{n}
\tkzgCalcTauxMoyen*{t}{n}[\macro]
```

- `{t}` : taux global d'évolution (sous forme décimale) ;
- `{n}` : nombre de périodes.

Le résultat est le taux moyen $t_m = (1 + t)^{1/n} - 1$.

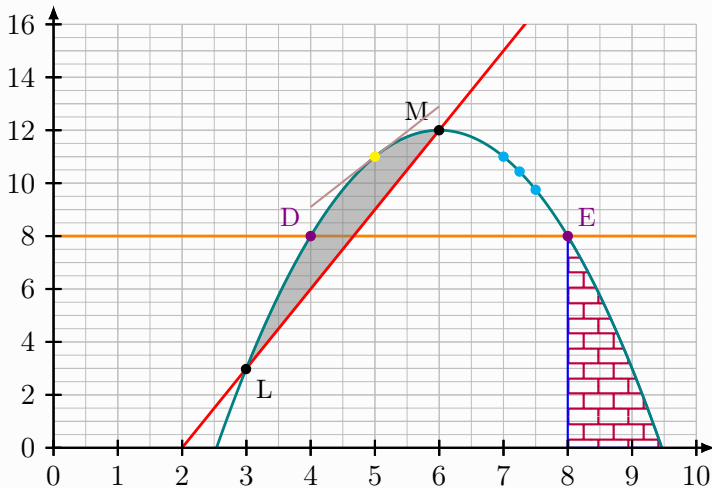
```
%taux moyen d'une augmentation globale de 30% sur 5 ans
$t_m = \tkzgCalcTauxMoyen{0.30}{5}$
```

```
\tkzgCalcTauxMoyen*{0.30}{5}[\tmoy]
$t_m \approx \num{\tmoy}$
```

```
 $t_m = 0.053873952061783$ 
 $t_m \approx 0,053\,873\,952\,061\,783$ 
```

11 Codes source des exemples de la page d'accueil

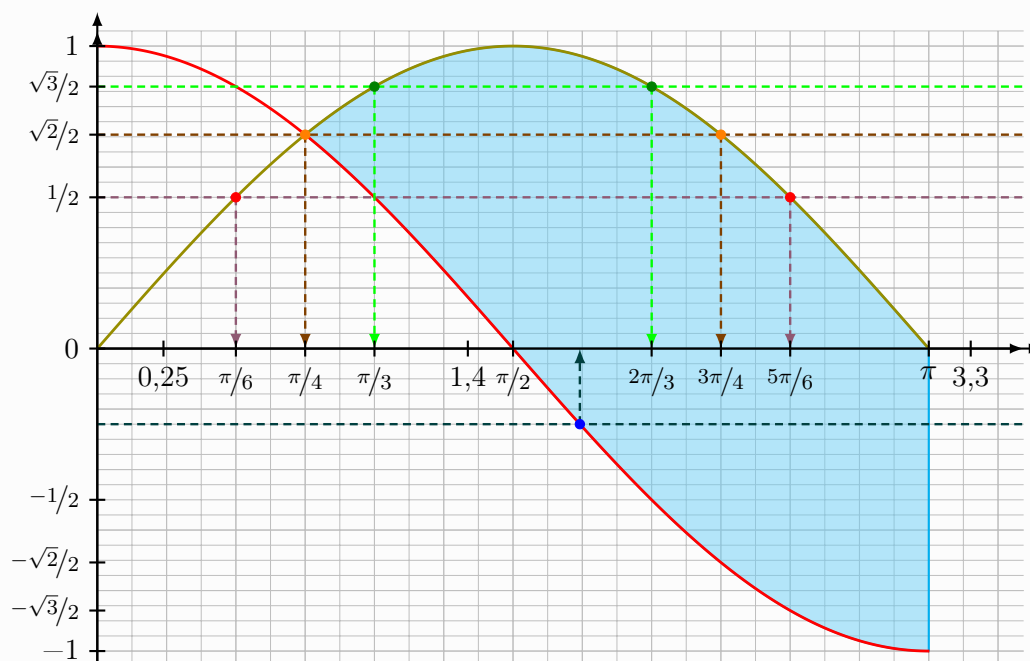
```
\begin{GraphiqueTikz}[x=0.85cm,y=0.35cm,Xmin=0,Xmax=10,Ymin=0,Ymax=16]
  %préparation de la fenêtre
  \TracerAxesGrilles[Derriere,Elargir=2.5mm,Police=\small]{0,1,...,10}{0,2,...,16}
  %déf des fonctions avec nom courbe + nom fonction + expression (tracés à la fin !)
  \DefinirCourbe[Nom=cf]<f>{3*x-6}
  \DefinirCourbe[Nom=cg]<g>{-(x-6)^2+12}
  %antécédents et intersection
  \TrouverIntersections[Aff=false,Nom=K]{cf}{cg}
  \TrouverAntecedents[AffDroite,Couleur=orange,Nom=I]{cg}{8}
  \TrouverAntecedents[Aff=false,Nom=J]{cg}{0}
  %intégrale sous une courbe, avec intersection
  \TracerIntegrale%
    [Couleurs=blue/purple,Bornes=noeuds,Style=hachures,Hachures=bricks]%
    {g(x)}%
    {(I-2)}{(J-2)}
  %intégrale entre les deux courbes
  \TracerIntegrale[Bornes=noeuds,Type=fct/fct]%
    {f(x)}{g(x)}%
    {(K-1)}{(K-2)}
  %tracé des courbes et des points
  \TracerCourbe[Couleur=red]{f(x)}
  \TracerCourbe[Couleur=teal]{g(x)}
  \PlacerPoints<\small>{(K-1)/below right/L,(K-2)/above left/M}%
  \PlacerPoints[violet]<\small>{(I-1)/above left/D,(I-2)/above right/E}%
  %tangente
  \TracerTangente[Couleurs=pink!75!black/yellow,kl=2,kr=2,AffPoint]{g}{5}
  %images
  \PlacerImages[Couleurs=cyan]{g}{7,7.25,7.5}
  %surimpression des axes
  \TracerAxesGrilles[Devant,Elargir=2.5mm]{0,1,...,10}{0,2,...,16}
\end{GraphiqueTikz}
```



```

\begin{GraphiqueTikz}%
[x=3.5cm,y=4cm,
Xmin=0,Xmax=3.5,Xgrille=pi/12,Xgrilles=pi/24,
Ymin=-1.05,Ymax=1.05,Ygrille=0.2,Ygrilles=0.05]
%préparation de la fenêtre
\TracerAxesGrilles[Derriere,Elargir=2.5mm,Format=ntrig/nsqrt]{}{}
%rajouter des valeurs
\RajouterValeursAxeX{0.25,1.4,3.3}{\num{0.25},\num{1.4},\num{3.3}}
%fonction trigo (déf + tracé)
\DefinirCourbe[Nom=ccos,Debut=0,Fin=pi]<fcos>{\cos(x)}
\DefinirCourbe[Nom=csin,Debut=0,Fin=pi]<fsin>{\sin(x)}
%intégrale
\TrouverIntersections[Aff=false,Nom=JKL]{ccos}{csin}
\TracerIntegrale%
[Bornes=noeud/abs,Type=fct/fct,Couleurs=cyan/cyan!50]%
{fsin(x)}[fcos(x)]%
{(JKL-1)}{pi}
%tracé des courbes
\TracerCourbe[Couleur=red,Debut=0,Fin=pi]{fcos(x)}
\TracerCourbe[Couleur=olive,Debut=0,Fin=pi]{fsin(x)}
%antécédent(s)
\PlacerAntecedents[Couleurs=blue/teal!50!black,Traits]{ccos}{-0.25}
\PlacerAntecedents[Couleurs=red/magenta!50!black,Traits]{csin}{0.5}
\PlacerAntecedents[Couleurs=orange/orange!50!black,Traits]{csin}{sqrt(2)/2}
\PlacerAntecedents[Couleurs=green!50!black/green,Traits]{csin}{sqrt(3)/2}
%surimpression axes
\TracerAxesGrilles[Devant,Format=ntrig/nsqrt]%
{pi/6,pi/4,pi/3,pi/2,2*pi/3,3*pi/4,5*pi/6,pi}
{0,sqrt(2)/2,1/2,sqrt(3)/2,1,-1,-sqrt(3)/2,-1/2,-sqrt(2)/2}
\end{GraphiqueTikz}

```



12 Commandes auxiliaires

12.1 Intro

En marge des commandes purement *graphiques*, quelques commandes auxiliaires sont disponibles :

- une pour formater un nombre avec une précision donnée ;
- une pour travailler sur des nombres aléatoires, avec contraintes.

12.2 Arrondi formaté

La commande `\ArrondirNum` permet de formater, grâce au package `siunitx`, un nombre (ou un calcul), avec une précision donnée. Cela peut être *utile* pour formater des résultats obtenus grâce aux commandes de récupération des coordonnées, par exemple.

```
\ArrondirNum[précision]{calcul xint}
```

```
\ArrondirNum{1/3}\\  
\ArrondirNum{16.1}\\  
\ArrondirNum[3]{log(10)}\\
```

0,33
16,1
2,303

12.3 Gestion de listes

Les commandes suivantes permettent de travailler sur les listes CSV générées automatiquement via la clé `ListeRes` ou manuellement via `\CreerListeAbscisses`.

`\CreerListeAbscisses{préfixe}{nb}{nom}` Construit une liste CSV des abscisses des nœuds `préfixe-1`, `préfixe-2`, ..., `préfixe-nb`, et la stocke dans la macro `\nom`. Si `nb` vaut `0`, la macro est laissée vide sans erreur.

`\tkzgCalcLongueurListe*{liste}[macro]` Retourne le nombre d'éléments de la liste CSV `liste`. La version étoilée stocke le résultat dans `macro` sans l'afficher ; la version normale affiche également le résultat.

`\tkzgCalcElementListe*{liste}{index}[macro]` Retourne l'élément d'index `index` de la liste CSV `liste`. L'index peut être positif (depuis le début) ou négatif (depuis la fin) : `-1` désigne ainsi le dernier élément. La version étoilée stocke sans afficher.

Ces trois commandes s'articulent naturellement avec les itérateurs de `xint`, notamment `\xintFor*` et `\xintNthElt`, pour parcourir ou exploiter les listes générées.

12.4 Nombre aléatoire sous contraintes

L'idée de cette deuxième commande est de pouvoir déterminer un nombre aléatoire :

- entier ou décimal ;
- sous contraintes (entre deux valeurs fixées).

Cela peut permettre, par exemple, de travailler sur des courbes avec points *aléatoires*, mais respectant certaines contraintes.

```
\ChoisirNbAlea(*)[precision (déf 0)]{borne inf}{borne sup}[\macro]
```

La version étoilée prend les contraintes sous forme stricte ($\text{borne inf} < \text{macro} < \text{borne sup}$) alors que la version normale prend les contraintes sous forme large ($\text{borne inf} \leq \text{macro} \leq \text{borne sup}$).

À noter que les *bornes* peuvent être des *macros* existantes !

```
%un nombre (2 chiffres après la virgule) entre 0.75 et 0.95
%un nombre (2 chiffres après la virgule) entre 0.05 et 0.25
%un nombre (2 chiffres après la virgule) entre 0.55 et \YrandMax
%un nombre (2 chiffres après la virgule) entre \YrandMin et 0.45
\ChoisirNbAlea[2]{0.75}{0.95}[\YrandMax]%
\ChoisirNbAlea[2]{0.05}{0.25}[\YrandMin]%
\ChoisirNbAlea*[2]{0.55}{\YrandMax}[\YrandA]%
\ChoisirNbAlea*[2]{\YrandMin}{0.45}[\YrandB]%
%vérification
\num{\YrandMax} \& \num{\YrandMin} \& \num{\YrandA} \& \num{\YrandB}
```

0,9 & 0,06 & 0,65 & 0,4

```
%un nombre (2 chiffres après la virgule) entre 0.75 et 0.95
%un nombre (2 chiffres après la virgule) entre 0.05 et 0.25
%un nombre (2 chiffres après la virgule) entre 0.55 et \YrandMax
%un nombre (2 chiffres après la virgule) entre \YrandMin et 0.45
\ChoisirNbAlea[2]{0.75}{0.95}[\YrandMax]%
\ChoisirNbAlea[2]{0.05}{0.25}[\YrandMin]%
\ChoisirNbAlea*[2]{0.55}{\YrandMax}[\YrandA]%
\ChoisirNbAlea*[2]{\YrandMin}{0.45}[\YrandB]%
%vérification
\num{\YrandMax} \& \num{\YrandMin} \& \num{\YrandA} \& \num{\YrandB}
```

0,93 & 0,06 & 0,64 & 0,15

```

%la courbe est prévue pour qu'il y ait 3 antécédents
\ChoisirNbAlea[2]{0.75}{0.95}[\YrandMax]%
\ChoisirNbAlea[2]{0.05}{0.25}[\YrandMin]%
\ChoisirNbAlea*[2]{0.55}{\YrandMax}[\YrandA]%
\ChoisirNbAlea*[2]{\YrandMin}{0.45}[\YrandB]%

\begin{GraphiqueTikz}
  [x=0.075cm,y=7.5cm,Xmin=0,Xmax=150,Xgrille=10,Xgrilles=5,
  Ymin=0,Ymax=1,Ygrille=0.1,Ygrilles=0.05]
  \TracerAxesGrilles[Dernier,Elargir=2.5mm]{auto}{auto}
  \DefinirCourbeInterpo[Couleur=red,Trace,Nom=fonctiontest,Tension=0.75]
  {(0,\YrandA)(40,\YrandMin)(90,\YrandMax)(140,\YrandB)}
  \TrouverAntecedents[Aff=false,Nom=ANTECED]{fonctiontest}{0.5}
  \PlacerAntecedents[Couleurs=blue/teal,Traits]{fonctiontest}{0.5}
  \RecupererAbscisse{(ANTECED-1)}[\Aalpha]
  \RecupererAbscisse{(ANTECED-2)}[\Bbeta]
  \RecupererAbscisse{(ANTECED-3)}[\Cgamma]
\end{GraphiqueTikz}

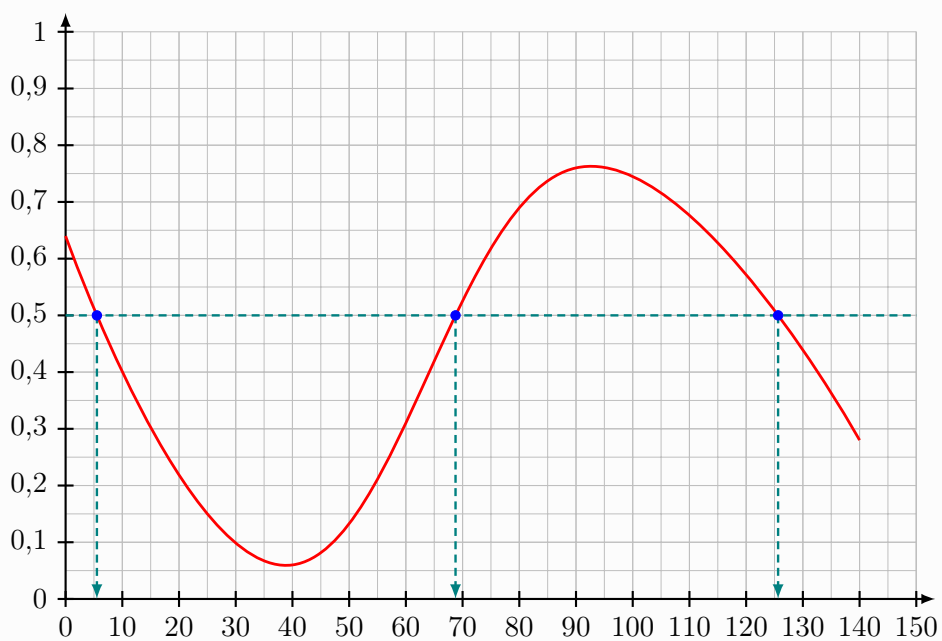
```

Les solutions de $f(x)=\texttt{\num{0.5}}$ sont, par lecture graphique :

```

$\begin{cases}
  \alpha \approx \texttt{\ArrondirNum[0]{\Aalpha}} \ \backslash\backslash \\
  \beta \approx \texttt{\ArrondirNum[0]{\Bbeta}} \ \backslash\backslash \\
  \gamma \approx \texttt{\ArrondirNum[0]{\Cgamma}}
\end{cases}$.

```



Les solutions de $f(x) = 0,5$ sont, par lecture graphique :

$$\begin{cases} \alpha \approx 6 \\ \beta \approx 69 \\ \gamma \approx 126 \end{cases}.$$

12.5 Tableaux de valeurs

Les commandes suivantes permettent de générer un tableau de valeurs pour une fonction xint, avec un choix de présentation horizontale ou verticale.

- `\CalcTableauValeurs` génère uniquement le *corps* du tableau, stocké dans une macro — l'utilisateur gère ensuite la mise en forme avec son environnement préféré (`tblr`, `NiceTabular`, `tabular...`);
- `\ConstruireTableauValeurs` fait tout en un avec `tabularray` (nécessite de ce fait `\usepackage{tabularray}`!).

12.5.1 Génération du corps

```
%horizontal (défaut)
\CalcTableauValeurs[clés]<nom/expr>{valeurs}{nomMacro}

%vertical (version étoilée)
\CalcTableauValeurs*[clés]<nom/expr>{valeurs}{nomMacro}
```

- `<nom/expr>` : nom de fonction xint (défaut) ou expression directe si `Expr=true`;
- `{valeurs}` : liste des valeurs de `x` (syntaxe `\foreach` : `{-2,-1,0,1,2}` ou `{-2,-1,...,2}`);
- `{nomMacro}` : nom de la macro de sortie (sans `\`) — crée `\nomMacro` (le body) et `\nomMacronbvals` (le nombre de colonnes/lignes);
- `Arrondi` : précision de l'arrondi (2 par défaut);
- `NomFct` : label de la fonction dans le tableau (`f` par défaut);
- `NomVar` : label de la variable dans le tableau (`x` par défaut);
- `Expr` : booléen (`false` par défaut) — si `true`, `<...>` est une expression directe avec `x` comme variable.

```
%usepackage{tabularray}
\GenererFonction<f>{x^2+1}

%horizontal
\CalcTableauValeurs[Arrondi=1]<f>{-2,-1,0,1,2}[montab]

\begin{tblr}%
[expand=\montab]%
{%
colspec={*{\montabnbvals}{c}},hlines,%
row{1}={bg=gray!25,font=\bfseries}%
}
\montab
\end{tblr}
```

x	-2	-1	0	1	2
$f(x)$	5	2	1	2	5

```

%vertical + expression directe
\CalcTableauValeurs*%
  [Expr,NomFct=g,NomVar=t] %
  <x^2+1>{0,1,2,3}[montabv]

\begin{tblr}%
  [expand=\montabv] %
  {%
    colspec={*{2}{c}},hlines,%
    row{1}={bg=blue!15,font=\bfseries}%
  }
  \montabv
\end{tblr}

```

t	$g(t)$
0	1
1	2
2	5
3	10

12.5.2 Tableau complet avec tabularray

Cette commande nécessite le chargement préalable de `tabularray` — un avertissement est émis sinon.

```

%horizontal (défaut, Presentation=H)
\ConstruireTableauValeurs[clés]<options tblr>{nom/expr}{valeurs}

%vertical (Presentation=V)
\ConstruireTableauValeurs[clés,Presentation=V]<options tblr>{nom/expr}{valeurs}

```

- `[clés]` : mêmes clés que `\CalcTableauValeurs` ;
- `<options tblr>` : options passées directement à l'environnement ;
- `Presentation` : `H` (horizontal, défaut) ou `V` (vertical) ;
- `\tdvnbvals` : macro exposée contenant le nombre de colonnes — utile pour `colspec`.

```

\GenererFonction<f>{x^2+1}

%horizontal
\ConstruireTableauValeurs%
  [Arrondi=2]%
  <colspec={*\tdvnbvals}{c}},hlines,row{1}={bg=gray!25,font=\bfseries}>%
  {f}{-2,-1,0,1,2}

%vertical
\ConstruireTableauValeurs%
  [Arrondi=2,Presentation=V]%
  <colspec={*\{2}{c}},hlines,row{1}={bg=gray!25,font=\bfseries}>%
  {f}{0,0.5,...,2}

```

x	-2	-1	0	1	2
$f(x)$	5	2	1	2	5

x	$f(x)$
0	1
0,5	1,25
1	2
1,5	3,25
2	5

13 Liste des commandes

13.1 Environnement, axes et grilles

environnement	: <code>\begin{GraphiqueTikz}...\end{GraphiqueTikz}</code>	page 9
axes et grilles	: <code>\TracerAxesGrille</code>	page 12
ax/gril pol	: <code>\TracerAxesGrillePol</code>	page 78
aj val axes X	: <code>\RajouterValeursAxeX</code>	page 16
aj val axes Y	: <code>\RajouterValeursAxeY</code>	page 16
semilog loglog	:	page 96

13.2 Courbes, suites

def formule	: <code>\GenererFonction</code>	page 18
def fonction	: <code>\DefinirCourbe</code>	page 20
tracé courbe	: <code>\TracerCourbe</code>	page 20
def interpo	: <code>\DefinirCourbeInterpo</code>	page 21
tracé interpo	: <code>\TracerCourbeInterpo</code>	page 21
interp Lagrange	: <code>\GenererPolynomeLagrange</code>	page 23
def Taylor	: <code>\DefinirTaylor</code>	page 91
tracé Taylor	: <code>\TracerTaylor</code>	page 91
def spline	: <code>\DefinirCourbeSpline</code>	page 22
tracé spline	: <code>\TracerCourbeSpline</code>	page 22
tracé droite	: <code>\TracerDroite</code>	page 18
asymptote vert	: <code>\TracerAsymptote</code>	page 18
tangente	: <code>\TracerTangente</code>	page 45
nuage suite	: <code>\TracerNuageSuite</code>	page 47
toile récurr	: <code>\TracerToileRecurrence</code>	page 48
déf fam cbes	: <code>\DefinirFamilleCourbes</code>	page 93
trace famille	: <code>\TracerFamilleCourbes</code>	page 93

13.3 Outils graphiques

def points	: <code>\DefinirPts</code>	page 26
def image	: <code>\DefinirImage</code>	page 26
marq pts	: <code>\MarquerPts</code>	page 28
placer txt	: <code>\PlacerTexte</code>	page 30
pts discont	: <code>\AfficherPtsDiscont</code>	page 29
récup absc	: <code>\RecupererAbscisse</code>	page 30
récup ordo	: <code>\RecupererOrdonnee</code>	page 30
récup coordos	: <code>\RecupererCoordonnees</code>	page 30
images	: <code>\PlacerImages</code>	page 32
antécédents	: <code>\TrouverAntecedents</code>	page 33
antécédents	: <code>\PlacerAntecedents</code>	page 34
intersection	: <code>\TrouverIntersections</code>	page 35
maximum	: <code>\TrouverMaximum</code>	page 37
minimum	: <code>\TrouverMinimum</code>	page 37
dérivée	: <code>\TracerDerivee</code>	page 52
inég. linéaire	: <code>\InegaliteLineaire</code>	page 50
primitive	: <code>\TracerPrimitive</code>	page 52
transform refl	: <code>\TracerReflexion</code>	page 88
transform	: <code>\TracerTransformee</code>	page 87

13.4 Intégrales, probabilités, statistiques

intégrale	: \TracerIntegrale	page 41
méthodes int	: \RepresenterMethodeIntegrale	page 65
Monte-Carlo	: \SimulerMonteCarlo	page 67
loi normale	: \DefinirLoiNormale	page 55
loi normale	: \TracerLoiNormale	page 55
loi expo	: \DefinirLoiExpo	page 56
loi expo	: \TracerLoiExpo	page 56
loi khideux	: \DefinirLoiKhiDeux	page 57
loi khideux	: \TracerLoiKhiDeux	page 57
loi binom	: \TracerHistoBinomiale	page 59
loi Poisson	: \TracerLoiPoisson	page 61
loi géom	: \TracerLoiGeo	page 62
loi hypergéom	: \TracerLoiHyperGeo	page 63
loi Student	: \DefinirLoiStudent	page 57
loi Student	: \TracerLoiStudent	page 57
loi Fischer	: \DefinirLoiFischer	page 58
loi Fischer	: \TracerLoiFischer	page 58
aire continue	: \RepresenterProbaContinue	page 55
courbe ECC	: \TracerCourbeECC	page 70
stats 2 var	: \TracerNuage	page 71
regressions	: \TracerAjustement	page 73
nuage transfo	: \TracerNuagePoints	page 99

13.5 Courbes polaires, paramétriques

déf param	: \DefinirCourbeParam	page 76
trac param	: \TracerCourbeParam	page 76
déf param	: \DefinirCourbeParam	page 76
trac param	: \TracerCourbeParam	page 76
déf polaire	: \DefinirCourbePol	page 78
trac polaire	: \TracerCourbePol	page 78

13.6 Coniques

ellipse	: \TracerEllipse	page 84
ellipse param	: \AfficherElementsEllipse	page 84
parabole	: \TracerParabole	page 84
parabol param	: \AfficherElementsParabole	page 84
hyperbole	: \TracerHyperbole	page 84
hyperbol param	: \AfficherElementsHyperbole	page 84

13.7 Commandes diverses

vals interd	: ValeursInterdites=...	page 80
voisinages	: \AfficherVoisinage	page 81
arrondi	: \ArrondirNum	page 118
nb aléat	: \ChoisirNbAlea	page 119
gestion listes	:	page 118
outils num	:	page 105
tab valeurs	: \ConstruireTableauValeurs	page 121
gestion csv	: \CreerListesDepuisCSV	page 101
cbe implicite	: \TracerCourbeImplicite	page 103

14 Quelques commandes liées à pgfplots

14.1 Introduction

Pour des graphiques avec des fenêtres d’affichage *particulières*, il est fort possible que les commandes *classiques* de `tkz-grapheur` coïncident, avec notamment des `dimension too large...`

Dans ce cas, il est possible d’utiliser plutôt l’environnement `axis` de `pgfplots`, qui, de plus, permet *souvent* de pallier ce problème *interne...*

`tkz-grapheur` ne fournit pas d’environnement dédié pour la création de la fenêtre, mais quelques commandes spécifiques ont été intégrées pour certains points, avec un fonctionnement assez semblable (donc se référer aux paragraphes précédents) à celui des commandes *classiques*.

14.2 Macros spécifique pgfplots/axis

```
%déterminer l'intersection de deux objets préalablement définis via [name path]
\findintersectionspgf[base nom nœuds]{objet1}{objet2}[macro nb total]

%extraction (globale, non limitée à l'environnement) et stockage de coordonnées
\extractxnodepgf{nœud}[\myxcoord]
\extractynodepgf{nœud}[\myycoord]
\extractxynodepgf{nœud}[\myxcoord][\myycoord]

%domaine entre courbes
\fillbetweencurvespgf[options tikz]{courbe1}{courbe2}<options soft domain>

%splines cubiques
\addplotspline(*)[options tikz]<coeffs>{liste des points support}[\monspline]
```

14.3 Exemple illustré

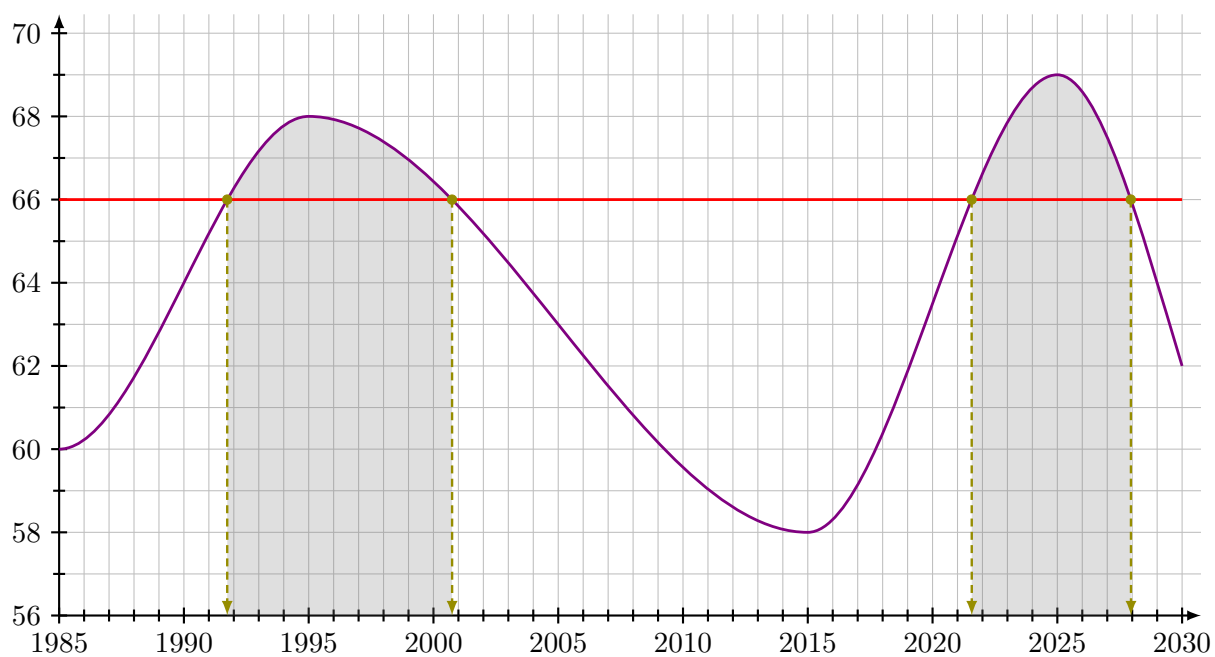
```

%\usepackage{alphalph}

\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}%
    [%
      axis y line=center,axis x line=middle,                                %axes
      axis line style={line width=0.8pt,-latex},
      x=0.33cm,y=0.55cm,xmin=1985,xmax=2030,ymin=56,ymax=70,                %unités
      grid=both,xtick distance=5,ytick distance=2,                          %grilles
      minor x tick num=4,minor y tick num=1,                                %grilles
      extra x ticks={1985},extra x tick style={grid=none},                  %origx
      extra y ticks={56},extra y tick style={grid=none},                    %origy
      x tick label style={/pgf/number format/.cd,use comma,1000 sep={}},    %année
      major tick length={2*3pt},minor tick length={1.5*3pt},                %grads
      every tick/.style={line width=0.8pt},enlargelimits=false,             %style
      enlarge x limits={abs=2.5mm,upper},enlarge y limits={abs=2.5mm,upper}, %élargir
    ]
    %spline + y=66
    \addplot[name path global=eqtest,mark=none,red,line width=1.05pt,domain=1985:2030]
      ↪ {66} ;
    \def\LISTETEST{1985/60/0§1995/68/0§2015/58/0§2025/69/0§2030/62/-2}
    \addplotspline*[line width=1.05pt,violet,name path
      ↪ global=splinecubtest]{\LISTETEST}{\monsplineviolet}
    %recherche d'antécédents
    \findintersectionspgf[MonItsc]{eqtest}{splinecubtest}
    %extraction des coordonnées
    \extractxnodepgf{(MonItsc-1)}[\xMonItscA]
    \extractxnodepgf{(MonItsc-2)}[\xMonItscB]
    \extractxnodepgf{(MonItsc-3)}[\xMonItscC]
    \extractxnodepgf{(MonItsc-4)}[\xMonItscD]
    %visualisation
    \xintFor* #1 in {\xintSeq{1}{4}}\do{%
      \draw[line width=0.9pt,densely dashed,olive,->,>=latex] (MonItsc-#1) -- (\csname
        ↪ xMonItsc\AlphAlph{#1}\endcsname,56) ;
      \filldraw[olive] (MonItsc-#1) circle[radius=1.75pt] ;
    }
    %intégrale
    \path [name path=xaxis] (1985,56) -- (2030,56);
    \fillbetweencurvespgf{splinecubtest}{xaxis}<domain={\xMonItscB:\xMonItscA}>
    \fillbetweencurvespgf{splinecubtest}{xaxis}<domain={\xMonItscD:\xMonItscC}>
  \end{axis}
\end{tikzpicture}

Les solutions de  $f(x)=66$  sont d'environ \ArrondirNum*[0]{\xMonItscA} \&\
↪ \ArrondirNum*[0]{\xMonItscB} \&\ \ArrondirNum*[0]{\xMonItscC} \&\
↪ \ArrondirNum*[0]{\xMonItscD}.

```



Les solutions de $f(x) = 66$ sont d'environ 1992 & 2001 & 2022 & 2028.

15 Historique

0.30d : Ajout d'une clé pour créer une liste d'abscisse + exploitation de listes
----- Famille de courbes (expérimental)
----- Définition globales de fonctions (hors environnement ou via clé [DefGlobale])
----- Tableau de valeurs (expérimental)
----- Graphiques semi-log ou log-log (expérimental)
----- Nuage de points avec transformations et/ou par csv (expérimental)
----- Macros de calculs pour des évolutions en %, des sommes de suites
----- Courbe implicite (très expérimental, lua)
0.30c : Refonte du fonctionnement avec séparation commandes [en/fr]
----- Transformations, Taylor (expérimental)
----- Ajout de lois de probabilités (continues + discrètes)
----- Outils numériques
0.30b : Dérivée/primitive (expérimental)
----- Nuage suites
----- Courbes paramétrées, polaires
----- Voisinages (expérimental)
----- Valeurs interdites (expérimental)
----- Coniques (expérimental)
0.30a : Création des nœuds (fenêtre + axes)
0.2.9 : Ajout de thèmes de couleurs pour les grilles
0.2.7 : Possibilité de spécifier les dimensions du graphique (en test)
0.2.6 : Inégalité linéaire (en test)
0.2.5 : Interpolation de Lagrange + améliorations
0.2.4 : Clé [StyleTrace] pour des pointillés par exemple
0.2.3 : Bugfix avec une longueur
0.2.0 : Méthode alternative des splines cubiques + commandes auxiliaires pgfplots
0.1.9 : Correction d'un bug avec la détermination d'unités
0.1.8 : Courbes ECC/FCC + Toile récurrence + Points discontinuité + HistoBinom
0.1.7 : Méthodes intégrales avec des splines
0.1.6 : Asymptote verticale + Méthodes intégrales (géom + Monte Carlo)
0.1.5 : Correction d'un bug sur les rajouts de valeurs + Nœud pour une image + [en] version !
0.1.4 : Placement de texte
0.1.3 : Ajout de régressions avec le package xint-regression
0.1.2 : Droites + Extremums
0.1.1 : Densité loi normale et khi deux + Marquage points + Améliorations
0.1.0 : Version initiale