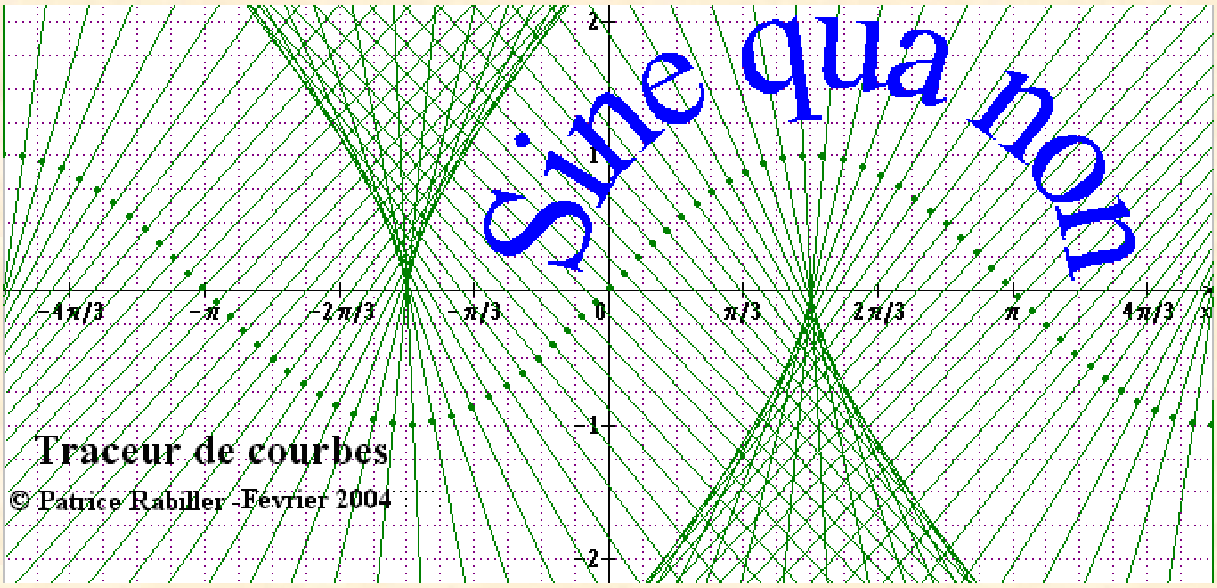


Traceur de courbes planes

Version 2.9.2

Manuel d'utilisation

© Patrice Rabiller – Lycée Notre Dame – Fontenay le Comte
Patrick Pradeau – Lycée Albert Camus – Conakry

Mise à jour de décembre 2015

Téléchargement :
http://patrice-rabiller.fr/SineQuaNon/menusqn.htm

Sommaire

Présentation générale

Sine qua non est un petit logiciel destiné aux professeurs de mathématiques et aux élèves des lycées. Il permet d'obtenir, très simplement, la courbe représentative de n'importe quelle fonction, ainsi que toute courbe paramétrée plane. Ces courbes peuvent ensuite être imprimées ou copiées dans un autre document (traitement de texte par exemple). Outre les courbes planes, *Sine qua non* permet de réaliser des figures géométriques planes quelconques, ainsi que des représentations graphiques de séries statistiques à une ou deux variables. De plus, il est possible de représenter graphiquement les principales lois de probabilité (binomiale, Poisson, Laplace-Gauss, exponentielle), les suites numériques et les intégrales définies. Le logiciel permet également de représenter graphiquement les solutions d'un système d'inéquations linéaires. Quelques outils sont également disponibles : table des valeurs d'une fonction, solveur d'équations, approximations d'une intégrale par différentes méthodes…

Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- La taille du dessin est réglable jusqu'à un maximum d'une page A4.
- L'orientation du document imprimé peut être paysage ou portrait.
- Le repère est entièrement paramétrable et peut être occulté.
- Les unités sont, par défaut, basées sur une grille à petits carreaux de 5x5 mm (sauf, bien sûr, dans le cas d'un axe gradué avec une échelle logarithmique)
- Les unités du repère, les dimensions du dessin et des marges peuvent être définies au millimètre près.
- L'origine des axes du repère peut être quelconque (pas forcément 0).
- La syntaxe utilisée pour la saisie des fonctions est très proche de celle employée sur les calculatrices graphiques.
- L'utilisateur peut définir, sur un même dessin, jusqu'à 10 courbes représentant des fonctions, 10 courbes paramétrées et 10 courbes polaires.
- Sur chaque courbe, on peut représenter des points particuliers (tangentes, extrema…)
- Chaque courbe est définie par son équation (ou ses équations s'il s'agit d'une courbe paramétrée), son style (continu, pointillé …), sa couleur et son épaisseur.
- Il est possible de définir des droites par leurs équations réduites.

- Les conventions habituelles de dessin sont respectées en ce qui concerne les extrémités des intervalles de définition.
- On peut tracer la courbe de la dérivée d'une fonction quelconque ainsi que la courbe primitive passant par un point donné, d'une fonction quelconque.
- La composition des fonctions est possible.
- Les constantes π et e sont reconnues.
- Pour réaliser des schémas, l'utilisateur dispose d'une palette complète d'outils variés (points, segments, vecteurs, demi droites, polygones, cercles …)
- Les calculs liés aux séries statistiques (moyenne, écart type, médiane, quartile …) sont affichés et actualisés au fur et à mesure de la saisie des données.
- Les séries statistiques à 1 variable peuvent être représentées par des graphiques divers parmi lesquels les « boîtes à moustaches ».
- Les nuages de points peuvent être ajustées par des courbes de régression linéaire, logarithmique, exponentielle, puissance ou polynomiale.
- Des tirages aléatoires peuvent être réalisés pour constituer des échantillons de grande taille. Ces tirages peuvent simuler les lois statistiques classiques (uniforme, normale, binomiale …) et les données peuvent être copiées dans un tableur.
- Les graphiques concernant les lois de probabilité (binomiale, Poisson, normale et exponentielle) peuvent également afficher des résultats calculés (du genre $p(X = 5)$ ou $p(-4 \leqslant X \leqslant 6)$).
- Les suites numériques peuvent être de 2 types : $u_n = f(n)$ et $u_n = f(u_{n-1})$. Les représentations graphiques forment des escaliers ou des toiles d'araignée.
- Les intégrales sont représentées graphiquement par une zone hachurée comprise entre une courbe et l'axe O*x* ou entre 2 courbes selon le type d'intégrale. On peut également visualiser le calcul approché d'une intégrale par diverses méthodes.
- Il est possible de faire du régionnement de plan (systèmes d'inéquations linéaires)
- Du texte peut être ajouté sur les figures, y compris en mode LaTeX.
- Le menu "calculs" propose aussi un solveur d'équations et la possibilité de construire des tables de valeurs.

La configuration matérielle requise pour utiliser *Sine qua non* est :

- Pentium + 32 Mo RAM
- Windows 95 ou 98 ou XP ou Vista ou W7 ou W8 (ou Linux avec Wine)
- Affichage minimum 800x600 en 256 couleurs
- Espace disque utilisé : 2 Mo
- Imprimante couleur de préférence

Droits d'utilisation et de copie du logiciel : voir page 97.

Barres d'outils et menus

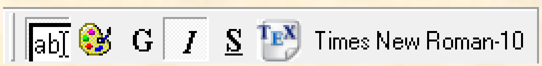
Il y a 4 barres d'outils qui regroupent les principales commandes. Elles peuvent être déplacées en les faisant glisser avec la souris.

Poignée de déplacement

- La barre d'outils « Fichier », comportant 6 boutons :

Bouton « Nouveau dessin »
Bouton « Ouvrir »
Bouton « Imprimer »
Bouton « Enregistrer »
Bouton « Mise en page »
Bouton « Copier »

- La barre d'outils « Textes », comportant 7 boutons :



Bouton « Ajouter un texte »
4 boutons pour choisir la couleur, mettre en gras, en italique ou en souligné :
Bouton permettant d'ajouter une expression LaTeX :
Bouton pour choisir la police de caractères et la taille.

- La barre d'outils « Affichage » qui comporte une liste déroulante pour définir le zoom, un bouton "on/off" pour le mode anticrénelage, 2 boutons pour augmenter ou diminuer les unités de 0,5 cm et une zone de texte qui affiche en permanence les coordonnées de la souris.

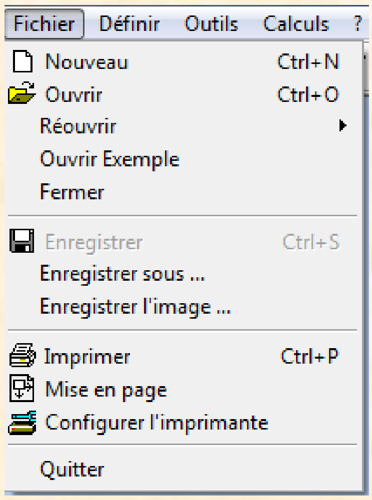
- La barre d'outils « Définitions » qui comporte 23 boutons, dans l'ordre :

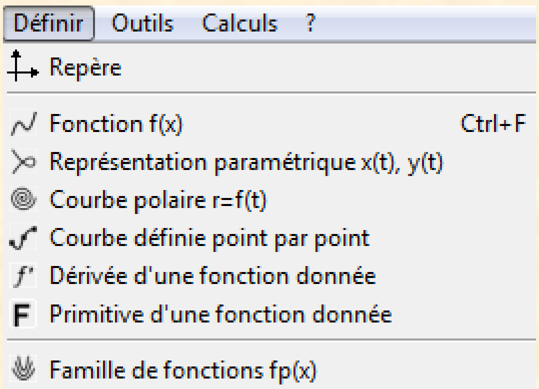
Le bouton « Définir le repère »
Le bouton « Définir une fonction »
Le bouton « Définir une représentation paramétrique »
Le bouton « Définir une courbe polaire »
Le bouton « Définir une famille de fonctions »
Le bouton « Définir un schéma »
Le bouton « Définir une droite »
Le bouton « Définir une courbe point par point »
Le bouton « Définir une série statistique à une variable »
Le bouton « Définir une série statistique à deux variables »
Le bouton « Définir une loi binomiale »
Le bouton « Définir une loi de Poisson »
Le bouton « Définir une loi normale »
Le bouton « Définir une loi exponentielle
Le bouton « Faire des simulations statistiques »
Le bouton « Définir un arbre de probabilités »
Le bouton « Définir un tableau de signes ou de variation »
Le bouton « Définir une suite numérique »
Le bouton « Définir une intégrale »
Le bouton « Définir un système d'inéquations linéaires »
Le bouton « Définir la dérivée d'une fonction donnée »
Le bouton « Définir une primitive d'une fonction donnée »
Le bouton « Définir un rapporteur trigonométrique »

Les menus sont peu nombreux :

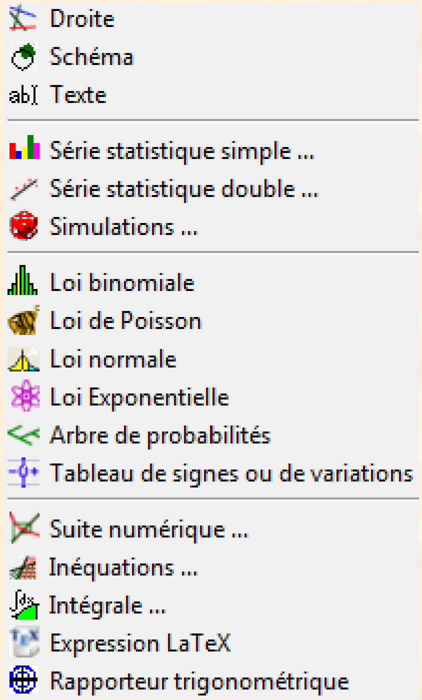
- Le menu « Fichier » qui regroupe les fonctions habituelles :
  - Créer un nouveau dessin,
  - Ouvrir un dessin déjà créé,
  - Rouvrir un dessin récemment ouvert,
  - Ouvrir l'un des exemples fournis
  - Enregistrer le dessin en cours,
  - Enregistrer sous …
  - Enregistrer l'image (divers formats),
  - Imprimer,
  - Définir la mise en page,
  - Configurer l'imprimante,
  - Quitter *Sine qua non*.

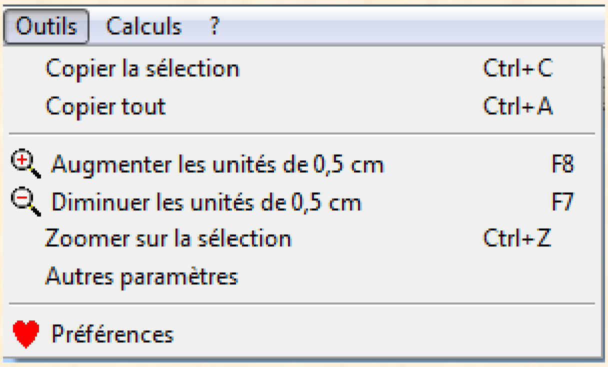
  La plupart de ces fonctions se retrouvent dans la barre d'outils « Fichier ».



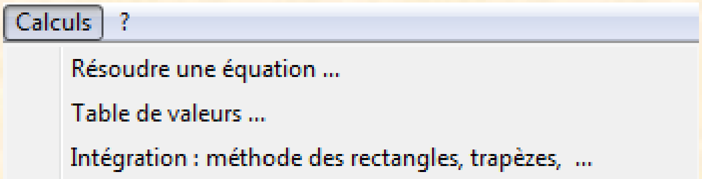


- Le menu « Définir » qui correspond à peu près à la barre d’outils « Définitions » :
  - Définir le repère,
  - Définir jusqu’à 10 fonctions,
  - Définir jusqu’à 10 représentations paramétriques,
  - Définir jusqu’à 10 courbes polaires,
  - Définir une courbe point par point,
  - Tracer la courbe de la dérivée d’une fonction donnée,
  - Tracer la primitive, passant par un point donné, d’une fonction donnée,
  - Définir une famille de fonctions dépendant d’un paramètre,
  - Définir jusqu’à 10 droites
  - Définir un schéma (figure géométrique plane),
  - Ajouter une zone de texte,
  - Définir une série statistique simple ou double,
  - Faire des simulations statistiques,
  - Définir une loi de probabilité (binomiale, de Poisson, normale ou exponentielle), ou un arbre,
  - Définir un tableau de signes ou de variations
  - Définir une suite numérique,
  - Définir un système d’inéquations,
  - Définir une intégrale,
  - Définir une expression LaTeX,
  - Définir un rapporteur trigonométrique.

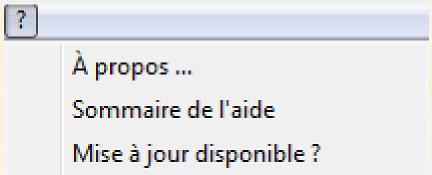




- Le menu « Outils » qui comporte 7 commandes :
  - Copier la sélection,
  - Copier tout,
  - Augmenter les unités de 0,5 cm,
  - Diminuer les unités de 0,5 cm,
  - Zoomer sur la zone sélectionnée,
  - Régler divers paramètres
  - Définir les préférences.

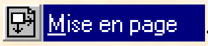


- Le menu « Calculs » ne comporte que 3 commandes :
  - Résoudre une équation,
  - Construire une table de valeurs,
  - Calculer une valeur approchée d’une intégrale.

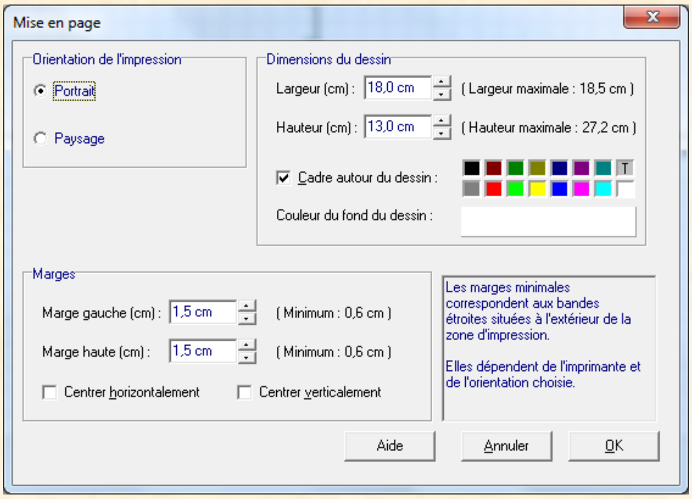


- Le menu « ? » quant à lui, comporte 3 commandes :
  - À propos
  - Sommaire de l’aide qui permet d’accéder à ce document (pour peu qu’il soit installé dans le même répertoire que *Sine qua non*.)
  - Mise à jour disponible ? Cette commande permet de comparer votre version actuelle de Sine qua non avec la dernière version mise en ligne sur le site officiel. Un message s’affiche, soit pour annoncer « Votre version est à jour », soit pour dire qu’il existe une version plus récente et qu’il est possible de la télécharger.

Mise en page

La mise en page peut s’obtenir soit à l’aide du bouton « mise en page » soit à l’aide de la commande Fichier/Mise en page .

Marges
(Fichier/Mise en page) :

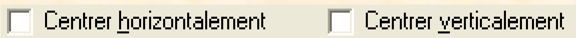


On ne peut, à première vue, que régler les marges à gauche et en haut du dessin. En réalité, les marges de droite et du bas sont calculées indirectement en fonction de la largeur et de la hauteur du dessin. Il va de soi que, pour une valeur donnée de la marge de gauche, et une valeur donnée de la largeur du dessin, la marge de droite se calcule en utilisant largeur totale de la feuille diminuée des 2 valeurs données. Même chose pour le calcul de la marge du bas. On peut cependant, avec la souris, agir directement sur les 4 marges (voir utilisation de la souris pour la mise en page). Les valeurs par défaut sont de 1,5 cm, mais elles peuvent être redéfinies avec la commande « préférences »…

Les marges prennent en compte les particularités de l'imprimante utilisée : elles sont comptées à partir du bord physique de la feuille et non pas à partir du début de la zone imprimable (il existe, sur toutes les imprimantes, une zone plus ou moins étroite, sur tout le pourtour de la feuille, appelée zone non imprimable qui correspond normalement à une partie inaccessible de la feuille de papier pour la tête d'impression). Dans certains cas, en particulier si le papier est décalé par rapport à sa position normale d'introduction dans l'imprimante, il peut exister des petites différences entre les marges annoncées et la réalité …

Centrer verticalement ou horizontalement :
(Fichier / Mise en page)

Le centrage du dessin peut s'obtenir avec le bouton  ou avec la commande *Fichier/*Mise en page. On peut voir alors les 2 cases à cocher :



Si on coche la case « Centrer horizontalement », il n'est plus possible de modifier la marge gauche. On peut seulement agir sur la largeur du dessin. Les marges de gauche et de droite sont alors calculées en fonction de cette largeur et de la largeur du papier (qui dépend, elle, de l'orientation choisie). Si on décoche cette case, la commande de réglage de la marge gauche redevient accessible.

De même, si la case « centrer verticalement » est cochée, alors la commande qui permet de régler la marge du haut n'est plus accessible.

Le centrage peut être actif par défaut lors de la création d'un nouveau dessin : il suffit d'utiliser la commande *Outils/Préférences*.

Orientation
(Fichier / Mise en page)

L'orientation peut être définie avec le bouton  ou avec la commande *Fichier / Mise en page.*

Comme d'habitude, il existe 2 possibilités d'orientation de la page imprimée :
- orientation « portrait » (ou « à la française »)

- orientation « paysage » (ou « à l'italienne »).

Dans le premier cas, la largeur maximale du dessin est inférieure à 21 cm et la hauteur maximale est de 29 cm environ (cela dépend de l'imprimante).

Dans le second cas, (orientation paysage) la largeur maximale passe à 29 cm et la hauteur est limitée à un peu moins de 21 cm.

Il est possible de définir une orientation par défaut pour chaque nouveau dessin créé. Il suffit pour cela de choisir la commande *Fichier/Préférences.*

Utilisation de la souris pour la mise en page

La plupart des réglages concernant la mise en page (tous sauf l'orientation de l'impression) peuvent se faire facilement à la souris.

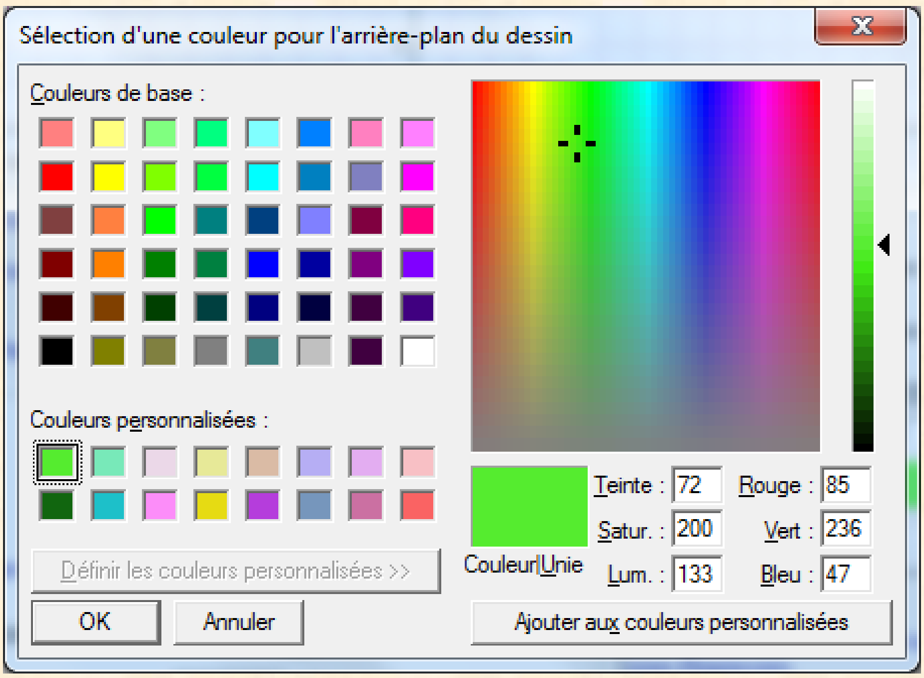
Pour modifier la marge gauche, approcher la souris du bord gauche. Le curseur prend alors une nouvelle forme : On peut alors faire glisser la souris vers la gauche ou vers la droite pour déplacer la marge. Même chose pour déplacer la marge droite.

Pour modifier la marge du haut ou celle du bas, il faut approcher la souris du bord supérieur ou du bord inférieur du dessin. Le curseur prend alors la forme :
Il suffit alors de faire glisser la souris vers le haut ou vers le bas.

La souris peut également être utilisée pour modifier le repère (déplacement de l'origine et des unités sur les axes) .

Cadre autour du dessin et couleur du fond (Fichier / Mise en page)

Cette option permet de décider si le dessin doit être encadré et de choisir la couleur du cadre parmi les couleurs prédéfinies. La couleur du fond est celle du cadre rectangulaire (blanc ici). Pour la modifier, il faut cliquer sur ce cadre et choisir dans la boîte de dialogue qui apparaît :

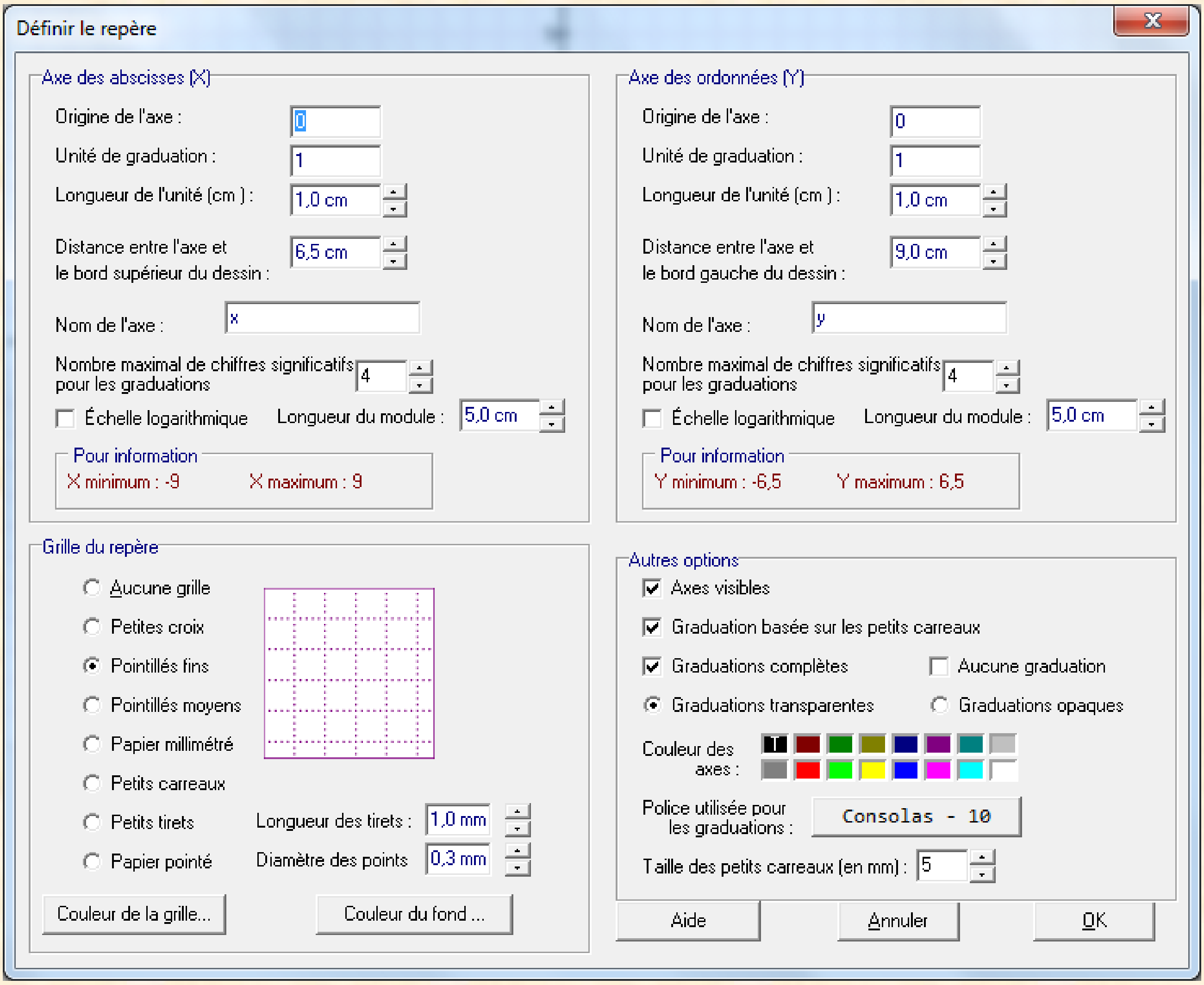


Choix du repère

La commande permettant de modifier le repère est *Définir/Repère*. On peut aussi utiliser directement le bouton : . On obtient alors la fenêtre de dialogue de la page suivante.

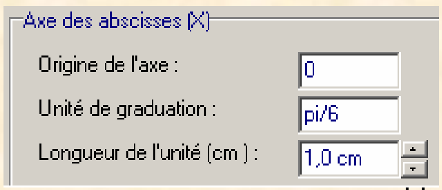
Origine des axes
(Définir / Repère)

Dans la fenêtre de dialogue « Définir le repère », obtenue avec le bouton , il est possible de définir l'origine sur chacun des 2 axes. À défaut d'indication contraire, cette origine est 0, mais il est tout à fait possible de faire démarrer l'origine d'un axe à 100 par exemple. Ceci est très utile lorsque la plage de variation des abscisses (ou des ordonnées) est l'intervalle [90 ; 110].



L'origine d'un axe peut être tout nombre réel (entier ou non, calculé ou non), par exemple : 100 ou 10,5 ou 2pi ou 7/4. On peut remarquer à ce sujet que le nombre π s'introduit en tapant « pi ». Pour le séparateur décimal, on peut utiliser indifféremment le point ou la virgule (mais en France, nous devrions toujours utiliser la virgule).

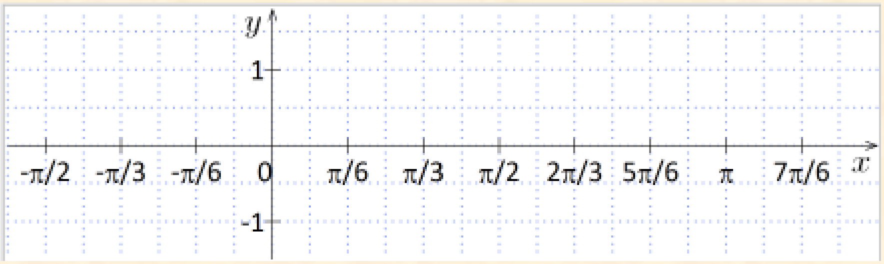
Unités de graduation
(Définir / Repère ou bouton)



Les unités de graduations peuvent être définies indépendamment sur chacun des axes. Par défaut, elles sont égales à 1. L'unité de graduation peut être un nombre entier ou non, calculé ou non. Ainsi par exemple ce peut être 10 ou 0,25 ou pi/6 ou même 1/3 ou *e*. Si l'unité de graduation est une constante calculée, l'expression saisie ne doit pas comporter la variable *x* ni la variable *t* (utilisée par les représentations paramétriques) ni le paramètre *p* (utilisé par les familles de fonctions) et ne doit pas être négative ! De plus, il est possible de modifier le nombre de chiffres significatifs sur chacun des axes (pratique si l'unité de graduation est très grande).

Cas particulier : graduations trigonométriques.

On peut obtenir des graduations sous la forme de multiples fractionnaires du nombre π. Ainsi, par exemple, si l'origine de l'axe O*x* est 0 et si l'unité de graduation est pi/6, on aura à l'affichage les graduations 0, π/6, π/3, π/2, 2π/3, 5π/6, π, 7π/6 etc …



Longueur des unités de graduation

La longueur des unités de graduation est normalement un multiple de 0,5 cm. Cependant, il est possible de régler cette longueur au millimètre près sans que ce soit un multiple de 0,5 : il faut pour cela décocher la case « graduation basée sur les petits carreaux ». On peut aussi agir sur la taille des "petits carreaux", réglables de 5x5mm jusqu'à 20x20 mm.

Il existe un autre moyen, plus simple, de définir la longueur des unités de graduation : il faut approcher le curseur de la souris près de la première graduation sur l'axe et la faire glisser vers la droite ou vers la gauche, s'il s'agit de l'axe des abscisses, vers le haut ou vers le bas s'il s'agit de l'axe des ordonnées.

Nombre maximal de chiffres significatifs pour les graduations

À défaut d'indication contraire, les graduations sont affichées avec 4 chiffres significatifs. Au-delà de 9999, les graduations sont donc affichées dans un format scientifique pas forcément souhaité. Ainsi, 10000 sera affiché sous la forme 1E4. L'utilisateur peut donc modifier le nombre maximal de chiffres significatifs, tant pour l'axe des abscisses que pour celui des ordonnées (entre 3 et 10 chiffres significatifs).

Distance des axes par rapport au bord du dessin

La position des axes du repère est définie par rapport au bord supérieur (axe des abscisses) ou au bord gauche (axe des ordonnées). Ces distances sont exprimées en cm.
Il est plus simple de déplacer l'origine du repère à la souris : il faut approcher la souris de l'origine des 2 axes et faire glisser celle-ci. Ainsi on positionne directement, à vue, les 2 axes du repère sans qu'il soit nécessaire de passer par la commande *Définir / Repère*.

Noms des axes

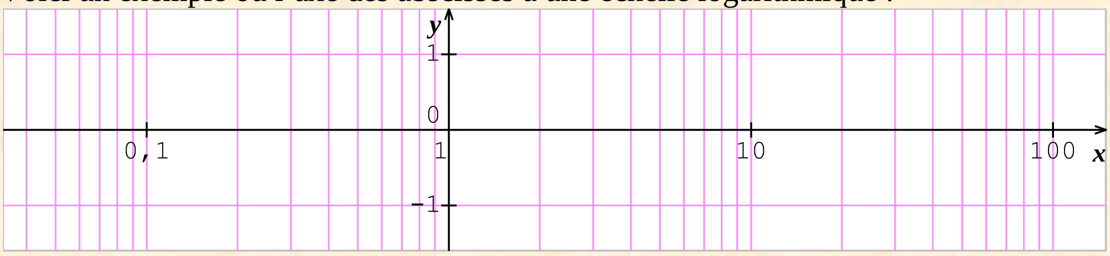
Les axes sont nommés par défaut 'x' et 'y', mais il est possible de leur donner un nom quelconque, par exemple 'Temps' en abscisse, et 'Distance' en ordonnée…

Choix d'une échelle logarithmique

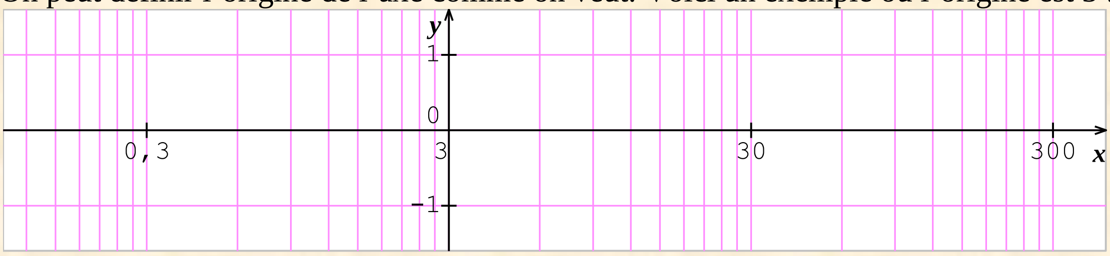
Les axes du repère sont normalement gradués selon une échelle linéaire, mais il est possible de définir une échelle logarithmique sur chacun des 2 axes. Pour cela, il suffit de cocher la case "Échelle logarithmique" et de définir la longueur du module :

Avec une échelle logarithmique, les graduations ne sont pas régulièrement espacées et sont toutes strictement positives. Si l'origine de l'axe est zéro avec son échelle linéaire, alors, en basculant sur une échelle logarithmique, l'origine devient 10^0, c'est-à-dire 1. De même les graduations linéaires 1, 2, 3 … deviennent respectivement 10^1, 10^2, 10^3… De la même façon, les graduations -1, -2, -3… deviennent 0,1; 0,01; 0,001…

Voici un exemple où l'axe des abscisses a une échelle logarithmique :

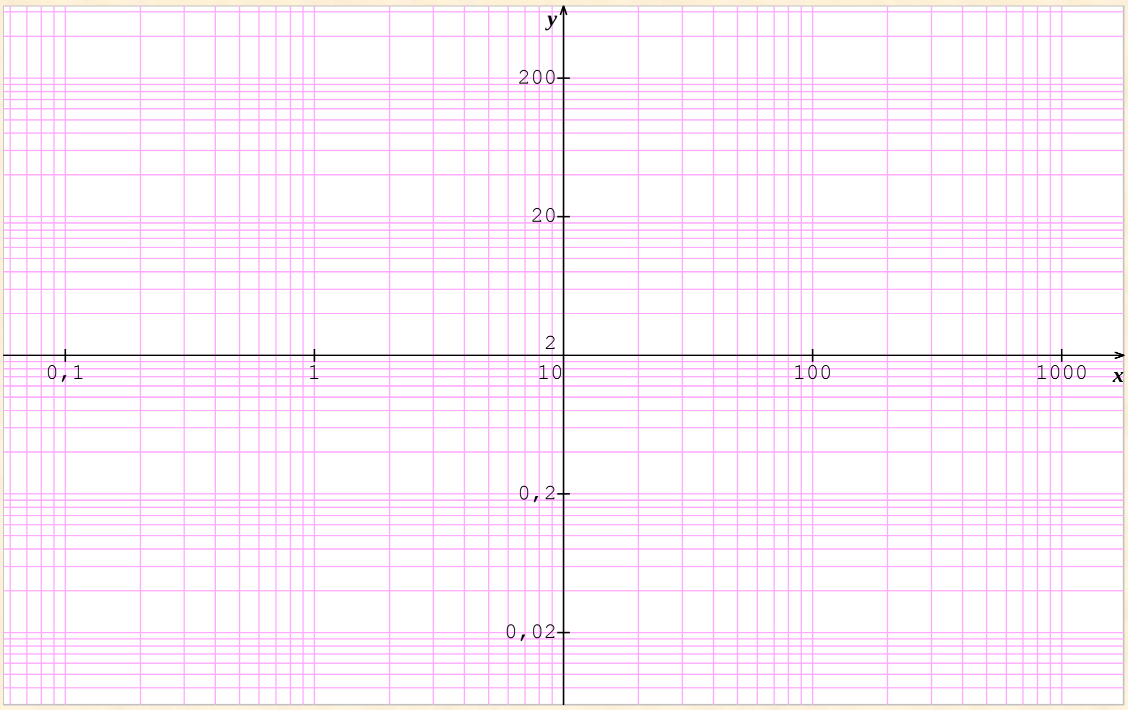


On peut définir l'origine de l'axe comme on veut. Voici un exemple où l'origine est 3 :



Dans ce cas, les graduations secondaires dans l'intervalle [3;30] sont les multiples de 3, c'est-à-dire 6, 9, 12, 15 etc… À partir de 30, le quadrillage correspond à 60, 90, 120 etc …

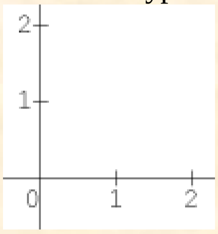
La distance entre les graduations 0,1 et 1 est la même que celle entre les graduations 1 et 10. On appelle cette distance le module (4 cm dans les exemples ci-dessus).



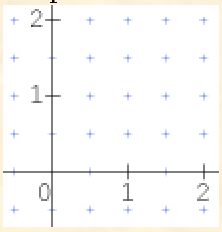
Bien entendu, ce choix d'échelle logarithmique peut se faire sur l'un des 2 axes ou sur les 2 simultanément

Type de grille et couleur

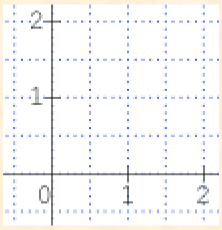
Il existe 8 types de grille pour le repère :



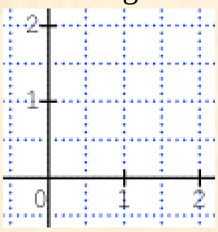
aucune grille



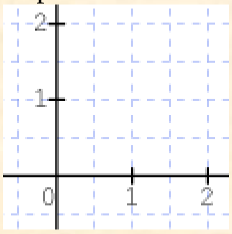
petites croix



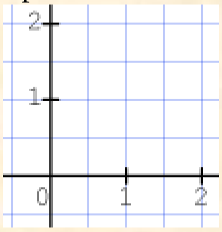
pointillés fins



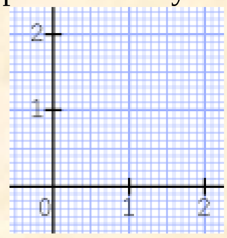
pointillés moyens



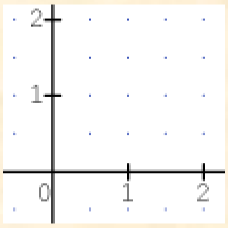
petits tirets



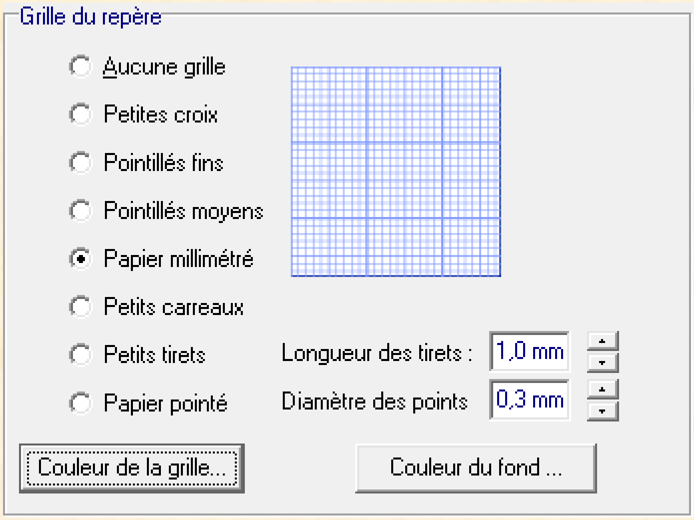
petits carreaux



papier millimétré



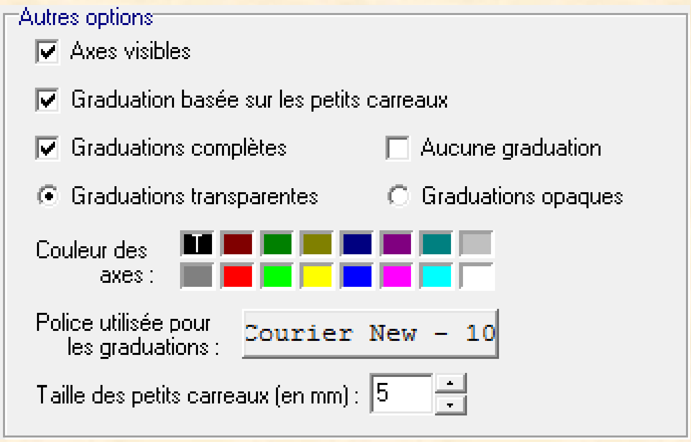
papier pointé



Lorsque la grille choisie est à petits carreaux, les axes sont plus épais afin de mieux les distinguer du quadrillage (surtout si l'imprimante est en noir et blanc). D'une manière générale, les traits ou les pointillés sont beaucoup plus fins sur l'imprimante que sur l'écran : la résolution de l'imprimante est très souvent supérieure à 360 ppp (points par pouce) alors qu'à l'écran on atteint difficilement 100 ppp. En revanche, le papier millimétré est souvent de meilleure qualité à l'écran que sur l'imprimante…

Le choix du type de grille se fait en cliquant sur l'un des 8 boutons radio. Il va de soi que le papier millimétré est incompatible avec une échelle logarithmique☺.

La couleur de la grille peut être définie en cliquant sur le bouton de gauche et celle du fond (arrière-plan) sur celui de droite.

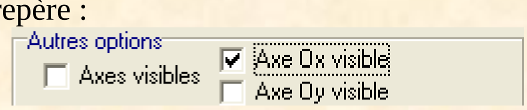


Autres options du repère

Les autres options du repère sont regroupées dans un cadre en bas à droite. Quelques options sont disponibles :

Axes visibles :

Dans certains cas, il peut être utile de cacher les axes et les graduations. Pour cela, il faut décocher la case.
Lorsque la case est décochée, on voit apparaître 2 nouvelles cases à cocher qui permettent de maintenir visible l'un des 2 axes du repère :

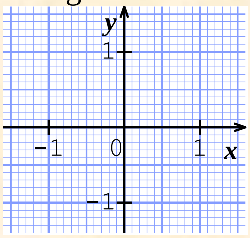


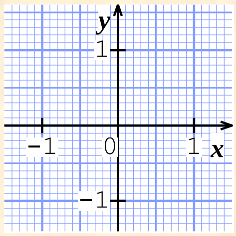
Graduation basée sur les petits carreaux :
Lorsque cette case est cochée, les longueurs des unités sont obligatoirement des multiples de 0,5 cm. Pour rendre totalement libre ce choix, il faut décocher la case.

Graduations complètes :
Lorsque cette case n'est pas cochée, seule la première graduation sur l'axe Ox et la première graduation sur l'axe Oy sont affichées.

Aucune graduation :
Dans ce cas, il n'y a plus aucune graduation sur les axes. On voit plus que les petits traits qui permettent encore de se repérer.

Graduations transparentes/opaques
Un dessin vaut mieux qu'un long discours :

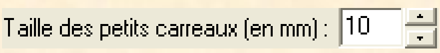




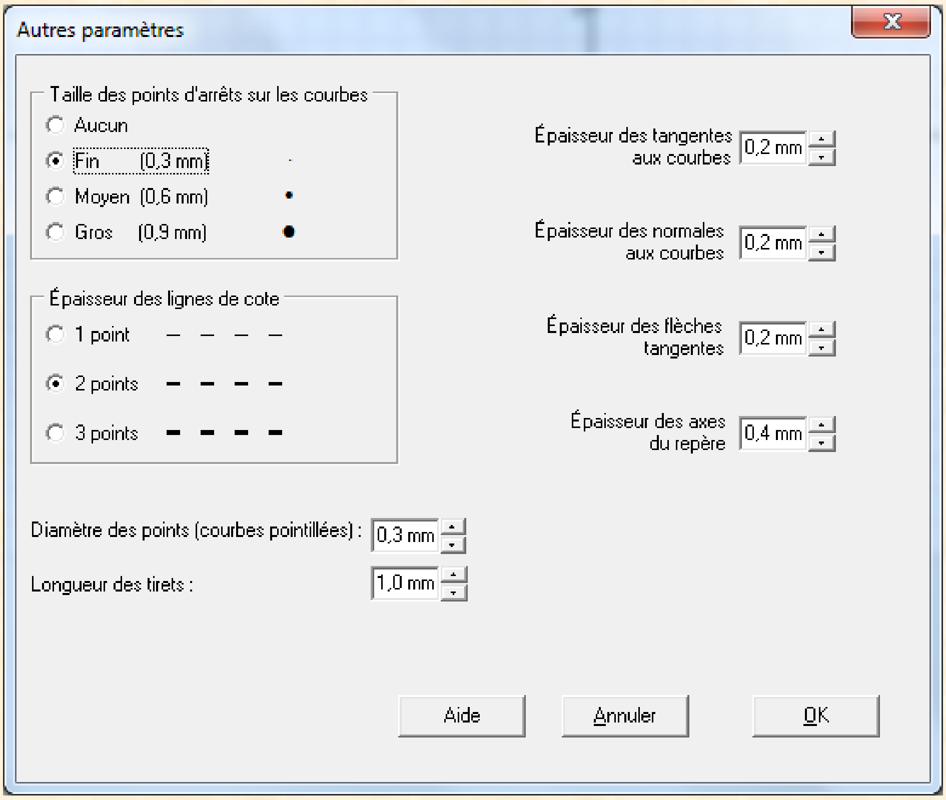
Couleur des axes :
Il suffit de cliquer sur la couleur désirée.

Police utilisée pour les graduations :
Le bouton permet de choisir la police, la taille, l'attribut (gras, italique …) et la couleur des graduations.

Taille des petits carreaux (en mm):
Cette taille est réglable, à l'aide des 2 petites flèches, de 5 à 20 mm

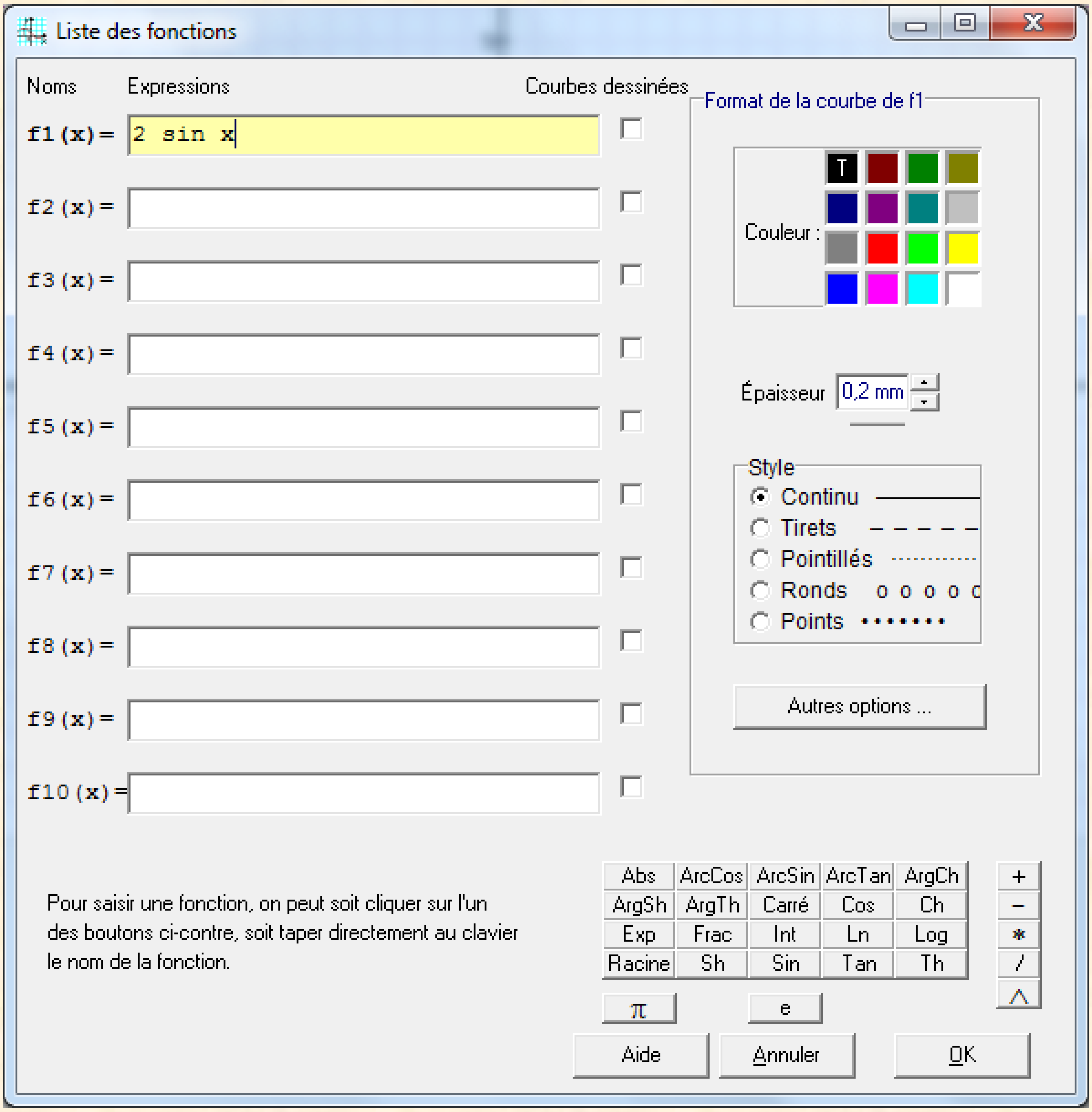


L'épaisseur des axes :
Elle ne peut être définie que par la commande Outils/Autres paramètres… La fenêtre qui s'ouvre montre essentiellement des réglages d'épaisseurs de diverses lignes :



Définir une fonction

La commande *Définir / Fonction f(x)* (ou Ctrl+F) fait apparaître la fenêtre ci-dessous :



La saisie d'une fonction se fait comme sur une calculatrice. Ainsi, par exemple, si on veut obtenir la courbe représentative de la fonction *f* définie par $f(x) = 2\sin x$, il faudra taper successivement `2 sin x` (les espaces ne sont pas obligatoires). La fonction sinus peut être obtenue en tapant les 3 lettres S, I, N ou bien en cliquant sur le bouton Sin.
Pour la fonction exponentielle, il vaut mieux utiliser l'expression `Exp(x)` plutôt que `e^x` (car le nombre e est lui-même évalué comme Exp(1)).
La fenêtre de saisie permet de rentrer jusqu'à 10 fonctions, nommées f_1 à f_{10}.
Dès qu'une fonction est définie, la case à droite est cochée par défaut ☑. On peut cliquer sur cette case pour empêcher le tracé de la courbe.

Syntaxe pour la saisie d'une fonction

La syntaxe de saisie des fonctions a été rendue aussi souple que possible. Elle est très proche de ce qu'on peut écrire sur une calculatrice. Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- On peut écrire le texte en majuscule ou en minuscule, indifféremment.
- La variable est obligatoirement *x* (ou X),
- Le logiciel ***Sine qua non*** reconnaît 20 fonctions mathématiques usuelles (voir la liste ci-après qui correspond aux 20 boutons associés),
- Le nombre π est noté « pi » (ou « PI »)
- Le nombre *e* est reconnu, mais il est préférable d'utiliser `exp(1)` plutôt que `e^x` car le compilateur traduit `e` par `exp(1)`.
- On peut mettre autant d'espaces que l'on veut pour aérer l'écriture,
- Les règles de priorité habituelles sont respectées, mais dans le doute, il vaut mieux ajouter des parenthèses (voir ci-après),
- Le séparateur décimal s'obtient avec le point du pavé numérique. Si l'ordinateur est configuré pour la France (panneau de configuration / paramètres régionaux), ce caractère est automatiquement remplacé par une virgule.

Règles de priorité dans les calculs

Ces règles de priorité sont dans l'ordre :

- Les expressions entre parenthèses,
- Les multiplications implicites (sous entendues), sauf si l'opérateur qui suit est une exponentiation, par exemple :
  `3x+4` est traduit par `(3*x)+4` (priorité à la multiplication)
  `3x^4` est traduit par `3*(x^4)` (priorité à l'exponentiation)
- Les fonctions usuelles ou définies par l'utilisateur,
- Le signe moins unaire (opposé)
- L'opérateur d'exponentiation « `^` »
- Les opérateurs de multiplication et de division « `*` » et « `/` »
- Les opérateurs d'addition et de soustraction « + » et « − »
- Les opérateurs relationnels « < », « > », « <= » et « >= »

Liste des fonctions et des opérateurs reconnus

Sine qua non reconnaît 9 opérateurs :

+	addition
−	soustraction
*	multiplication
/	division
^	exponentiation (élévation à une puissance)
<	inférieur à
>	supérieur à
<=	inférieur ou égal à
>=	supérieur ou égal à

ainsi que 21 fonctions usuelles :

`abs`	valeur absolue
`arccos`	arc cosinus (souvent notée $\cos^{-1}$ sur les calculatrices)
`arcsin`	arc sinus (notée $\sin^{-1}$ sur les calculatrices)
`arctan`	arc tangente (notée $\tan^{-1}$ sur les calculatrices)
`argch`	argument cosinus hyperbolique

`argsh`	argument sinus hyperbolique
`argth`	argument tangente hyperbolique
`carré`	fonction carré (peut se noter `carre`)
`cos`	cosinus
`ch`	cosinus hyperbolique
`exp`	exponentielle (de base *e*)
`frac`	partie fractionnaire ($\mathtt{frac}(x) = x - \mathtt{int}(x)$)
`int`	partie entière (int(*x*) = le plus grand entier inférieur ou égal à *x*)
`ln`	logarithme népérien
`log`	logarithme décimal
`racine`	racine carrée
`sh`	sinus hyperbolique
`sin`	sinus
`tan`	tangente
`th`	tangente hyperbolique
`!`	factorielle d'un nombre entier *ou non*

Fonctions puissances non entières

On peut maintenant dessiner complètement les fonctions comportant un exposant fractionnaire dont le dénominateur est IMPAIR, y compris lorsque x est négatif (par exemple la racine cubique (x^(1/3)) est dessinée sur ℝ tout entier, mais aussi x^(2/3)). Naturellement, les puissances fractionnaires dont le dénominateur est pair restent définies seulement sur [0, +∞[, ainsi x^(1/2) ou x^(3/4).

Factorielle d'un nombre réel

À toutes fins utiles, la fonction factorielle a été étendue aux nombres réels à l'aide de la fonction gamma d'Euler. Plus précisément : $x! = \Gamma(x+1)$.
Par exmple : 1,5 ! = $\Gamma(2{,}5) \approx 1{,}329\ldots$ (plus précisément : $\frac{3}{4}\sqrt{\pi}$).
Elle est définie pour tout nombre réel, sauf pour les entiers négatifs –1, –2, –3 …
Cette fonction permet, par exemple, de représenter une loi binomiale par une courbe, plutôt que par le traditionnel diagramme en bâtons, en interpolant les coefficients binomiaux : essayer par exemple la fonction $f(x) = \dfrac{6}{x!(3-x)!}$ et remarquer les valeurs entières.

Composition des fonctions et opérations sur les fonctions

L'utilisateur dispose de 10 fonctions qu'il peut définir, nommées f_1 à f_{10}. Une fonction peut en utiliser une autre *à condition qu'elle ait été définie avant dans l'ordre numérique*. Ainsi, la fonction f_5 peut-elle utiliser dans sa définition la fonction f_1 ou la fonction f_3, mais pas la fonction f_5 elle-même, ni les fonctions dont l'indice est supérieur à 5. Cette restriction permet d'éviter à coup sûr toute référence circulaire.

Moyennant cette précaution, on peut ajouter, soustraire, multiplier, composer des fonctions. Ainsi les définitions suivantes sont correctes :

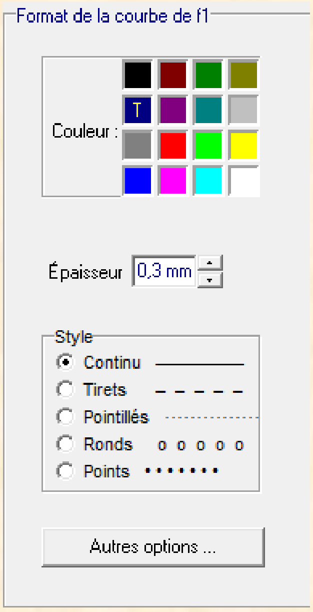
`f1(x)=2x-1`
`f2(x)=sin x`
`f3(x)=f1(x)+3f2(x)`
`f4(x)=f1of2(x)` (la composition utilise la lettre o minuscule ou majuscule)
`f5(x)=(f1(x))²+ln(f1(x))`
`f6(x)=f4(f2(x))` (équivaut à f4of2(x)).

Remarque : l'opérateur de composition des fonctions peut être la lettre o ou O mais pas le chiffre 0. On peut également utiliser le symbole ° (degré).
La fonction factorielle n'étant définie que sur les entiers naturels, ne peut être utilisée que pour une table de valeurs ou une suite numérique.

Intervalle de définition d'une fonction

Il arrive souvent que l'on doive restreindre le domaine de définition d'une fonction à un intervalle. La méthode employée pour parvenir à ce résultat s'inspire de ce qui se fait sur certaines calculatrices.

Ainsi, pour dire que la fonction *f* sera définie sur l'intervalle [2, + ∞ [, par $f(x) = \dfrac{3}{x-1}$ on écrira :
`f1(x)=(3/(x-1))(x>=2)`
Si la fonction *f* est définie sur]1, 5] on écrira : `f1(x)=(3/(x-1))(x>1)(x<=5)`
Si on veut définir une fonction sur une réunion de 2 intervalles, il est nécessaire d'utiliser 2 définitions : une pour chaque intervalle.



Choix de la couleur du style et de l'épaisseur d'une courbe

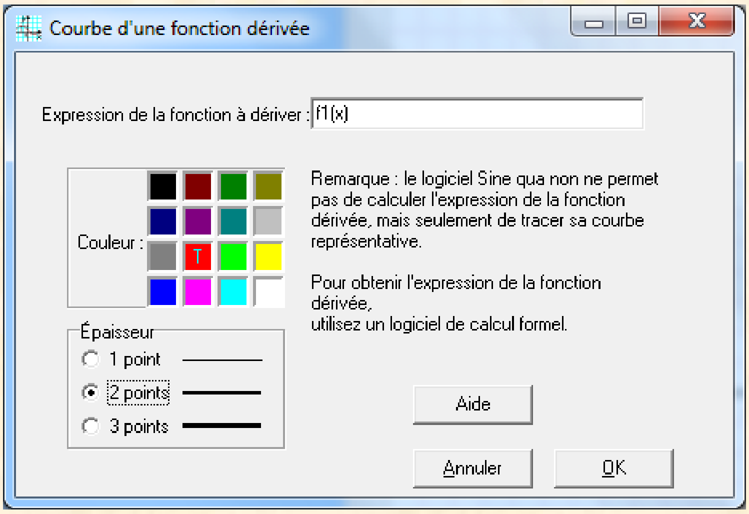
Ce choix est proposé dans la fenêtre *Définir / Fonction f(x)*
Pour modifier le format d'une autre courbe que celle de f_1, il suffit de cliquer dans la zone de saisie de la fonction que l'on veut atteindre. Chacune des courbes peut avoir un format différent.

La couleur est déterminée en cliquant dans l'une des 16 cases proposées.

L'épaisseur des traits (ou des tirets) est réglable de 0,1 à 1 mm. Ce paramètre agit également sur la grosseur des points ou des ronds.

Le style détermine la façon dont sera tracée la courbe. Elle peut être en trait continu, en tirets (chaque tiret mesure 2 mm et l'intervalle entre les tirets est de 1 mm), en pointillés, en ronds ou en points (voir aussi le format des courbes paramétrées ou des droites)

Tracer la courbe représentant la dérivée d'une fonction



La courbe de la dérivée peut être obtenue en cliquant sur le bouton f'.
Il faut alors remplir la boîte de dialogue ci-contre. La fonction peut être saisie in extenso, ou faire partie des fonctions déjà définies (de f_1 à f_{10}).
Le style est obligatoirement "continu" mais on peut choisir la couleur et l'épaisseur.

Tracer la courbe d'une primitive

Pour dessiner la courbe représentant une primitive d'une fonction donnée, il faut choisir la commande *Définir / Primitive d'une fonction donnée* ou cliquer sur le bouton **F**.
On obtient alors une fenêtre de dialogue dans laquelle, il faut :

- Préciser la fonction *f* dont on cherche à tracer une primitive *F*.

- Préciser les coordonnées d’un point particulier de cette courbe primitive.
- Préciser la couleur et l’épaisseur de la courbe (comme pour la dérivée).

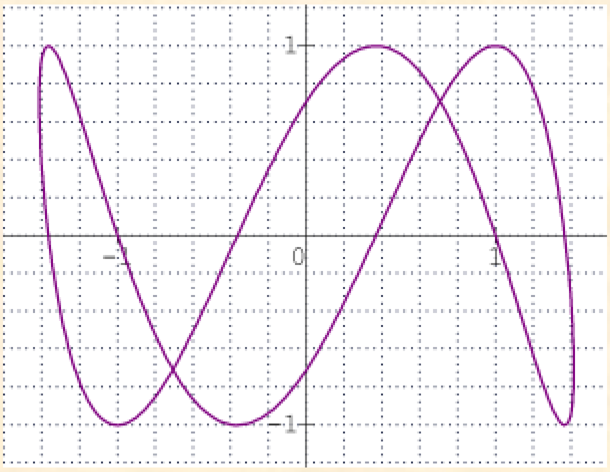
Définir une courbe paramétrée

(*Définir / Représentation paramétrique*)

Le logiciel *Sine qua non* permet de définir jusqu’à 10 courbes paramétrées planes. Ces courbes sont définies par 2 fonctions du paramètre *t* (nom obligatoire du paramètre). Par exemple :

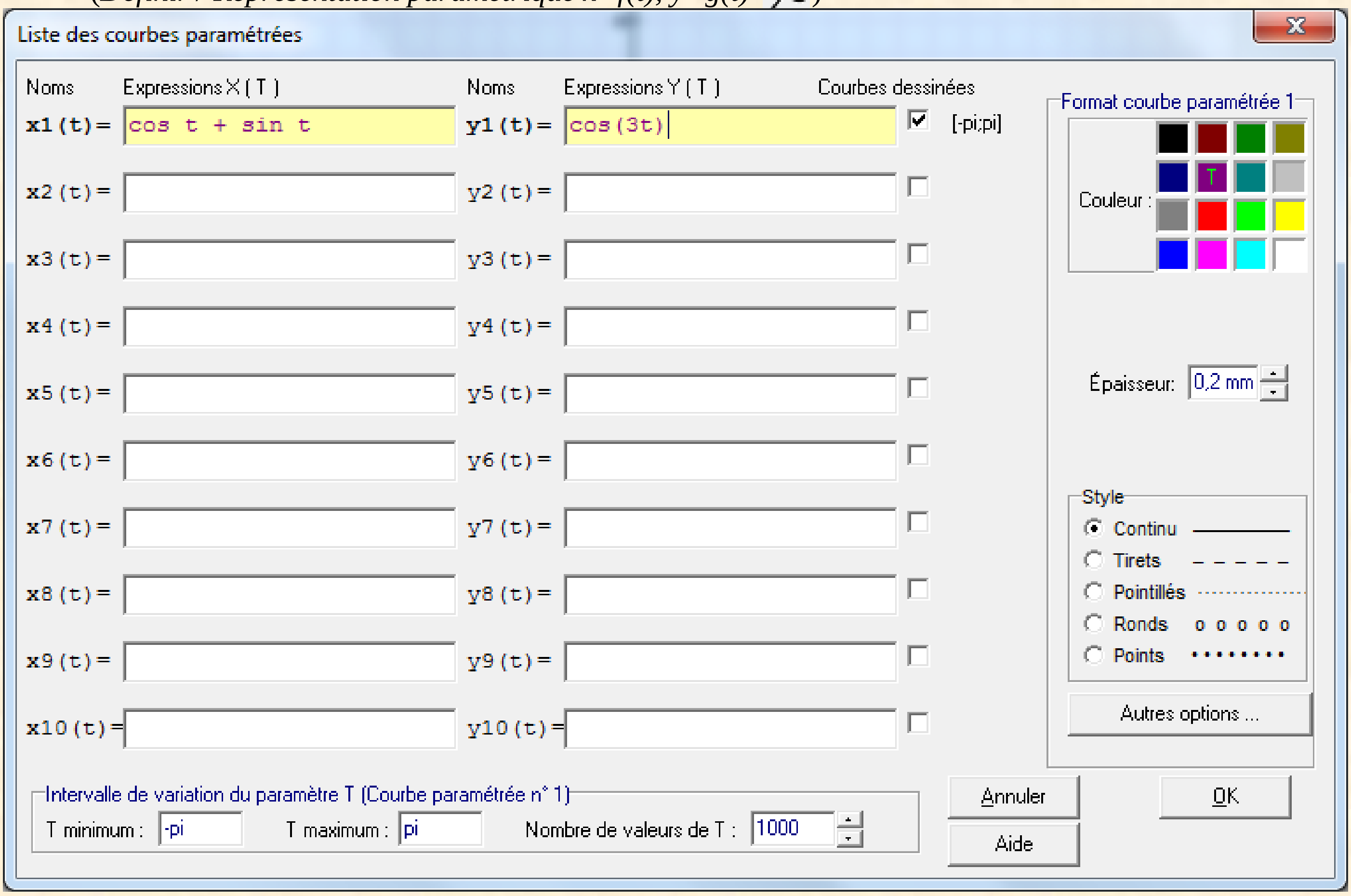
$$\begin{cases} x(t) = \sin t + \cos t \\ y(t) = \cos 3t \end{cases}$$

Pour cet exemple, voici la courbe obtenue :



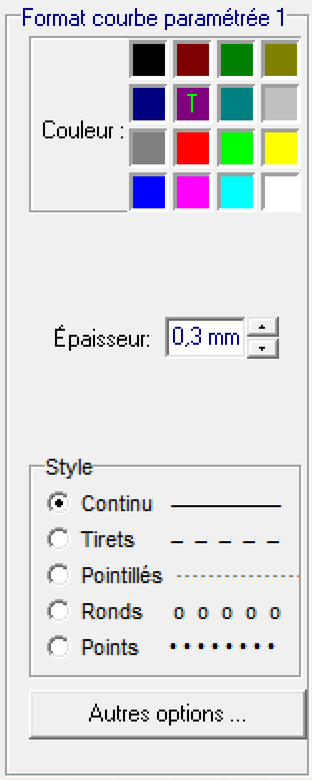
Saisie des équations paramétriques

(*Définir / Représentation paramétrique x=f(t), y=g(t)*)



L’écran de saisie se présente en 3 parties principales :

- la zone de saisie de l'expression x(t)
- la zone de saisie de l'expression y(t)
- la zone de définition du format.



Définir l'intervalle de variation du paramètre

Les valeurs par défaut de cet intervalle sont $-\pi$ et $+\pi$. L'utilisateur peut modifier à sa convenance ces valeurs. Pour saisir des expressions contenant le nombre π, il faut taper les 2 lettres **P, I**. L'intervalle de variation du paramètre n'est pas toujours borné par des expressions utilisant la constante π mais c'est souvent le cas…

Outre l'intervalle de variation de *t*, l'utilisateur peut définir le nombre de valeurs de ce paramètre. Ce nombre n'est significatif que si le style de tracé est en trait continu, car pour les styles « tirets », « points » ou « ronds », c'est le logiciel qui détermine le nombre de valeurs de telle sorte que les tirets ou les points ou les ronds soient distants de 3 mm. Plus les longueurs des unités sont grandes et plus la courbe dessinée sera grande et le nombre de points augmentera. Dans le cas d'un style « continu », le choix d'un grand nombre de valeurs de t permet d'obtenir un tracé plus lissé.

Définir la couleur, l'épaisseur et le style d'une courbe paramétrée

(*Définir / Représentation paramétrique x=f(t), y=g(t)*)

Dans la partie droite de la fenêtre de définition des courbes paramétrées, on peut trouver les commandes qui permettent de régler la couleur, l'épaisseur et le style de chacune des courbes paramétrées.

La présentation est exactement la même que pour le format des courbes représentatives de fonctions, mis à part le titre.

Pour changer le format de la courbe paramétrée n° *n* il faut d'abord cliquer dans la zone de saisie de l'une des équations paramétriques de la courbe n° *n*.

L'épaisseur des courbes est généralement nettement plus fine à l'impression que sur l'écran car la résolution d'une imprimante est souvent 10 fois supérieure à celle de l'écran (un point sur l'écran représente alors 10 points sur l'imprimante !)

Courbes définies en coordonnées polaires 

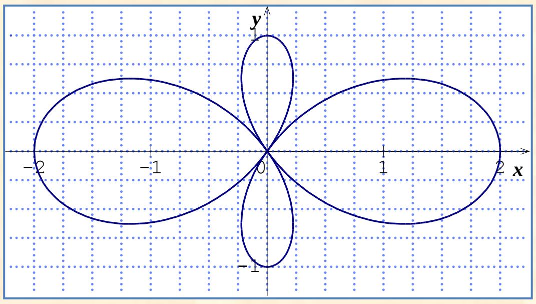
(*Définir/ Courbe polaire r=f(t)*)

Outre les courbes représentatives de fonctions et les courbes paramétrées, Sine qua non permet aussi de définir 10 courbes en coordonnées polaires. Ces courbes ont des équations de la forme $r = f(t)$ où t représente l'angle polaire et r représente la "distance algébrique" par rapport au pôle. L'axe polaire est toujours l'axe (Ox) et, pour un réel t donné, le point défini par la relation $r = f(t)$ a pour coordonnées cartésiennes $\begin{cases} x = r \times \cos t \\ y = r \times \sin t \end{cases}$,

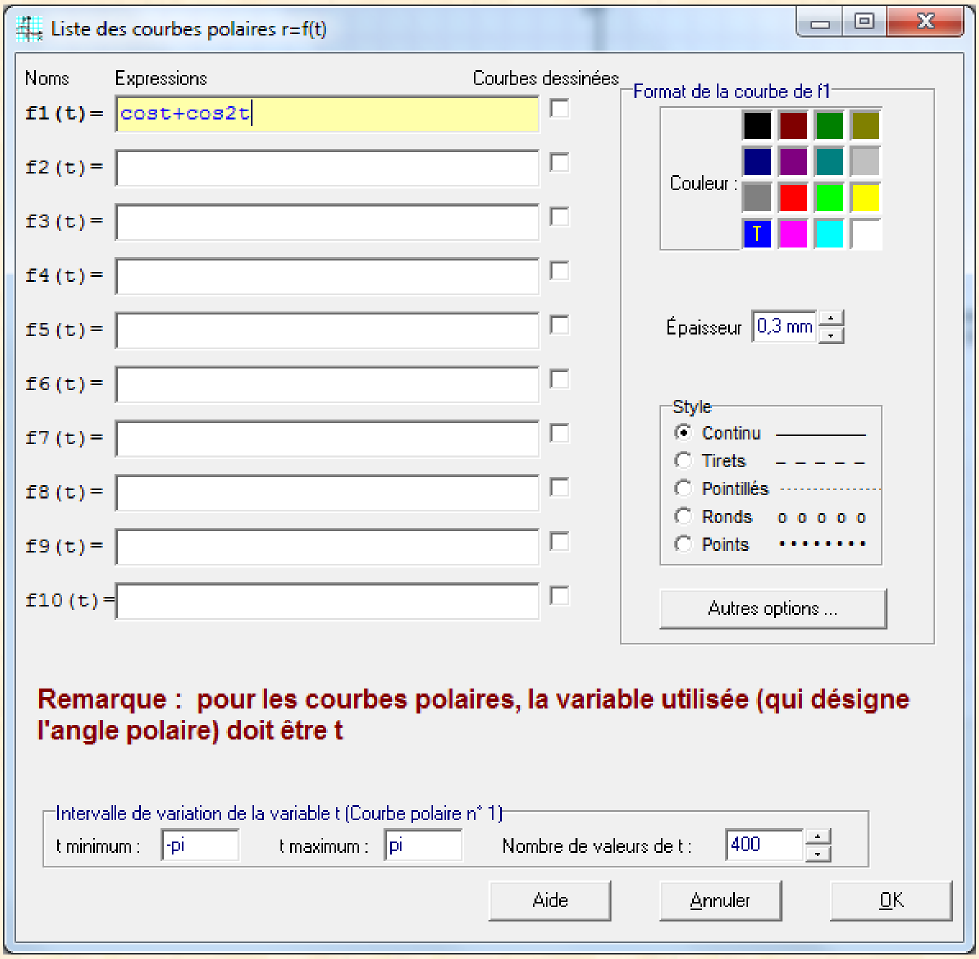
autrement dit : $\begin{cases} x = f(t) \times \cos t \\ y = f(t) \times \sin t \end{cases}$.

On notera que contrairement aux coordonnées "polaires" obtenues à partir du couple (module, argument) d'un nombre complexe, le nombre r peut être négatif pour ce qui concerne les courbes polaires.

Voici un exemple d'une telle courbe :



La saisie de l'équation polaire se fait dans l'écran ci-dessous :



On retrouve exactement la même présentation des options (couleurs épaisseur et style) que pour les courbes paramétrées…

Définir une courbe Point par point 

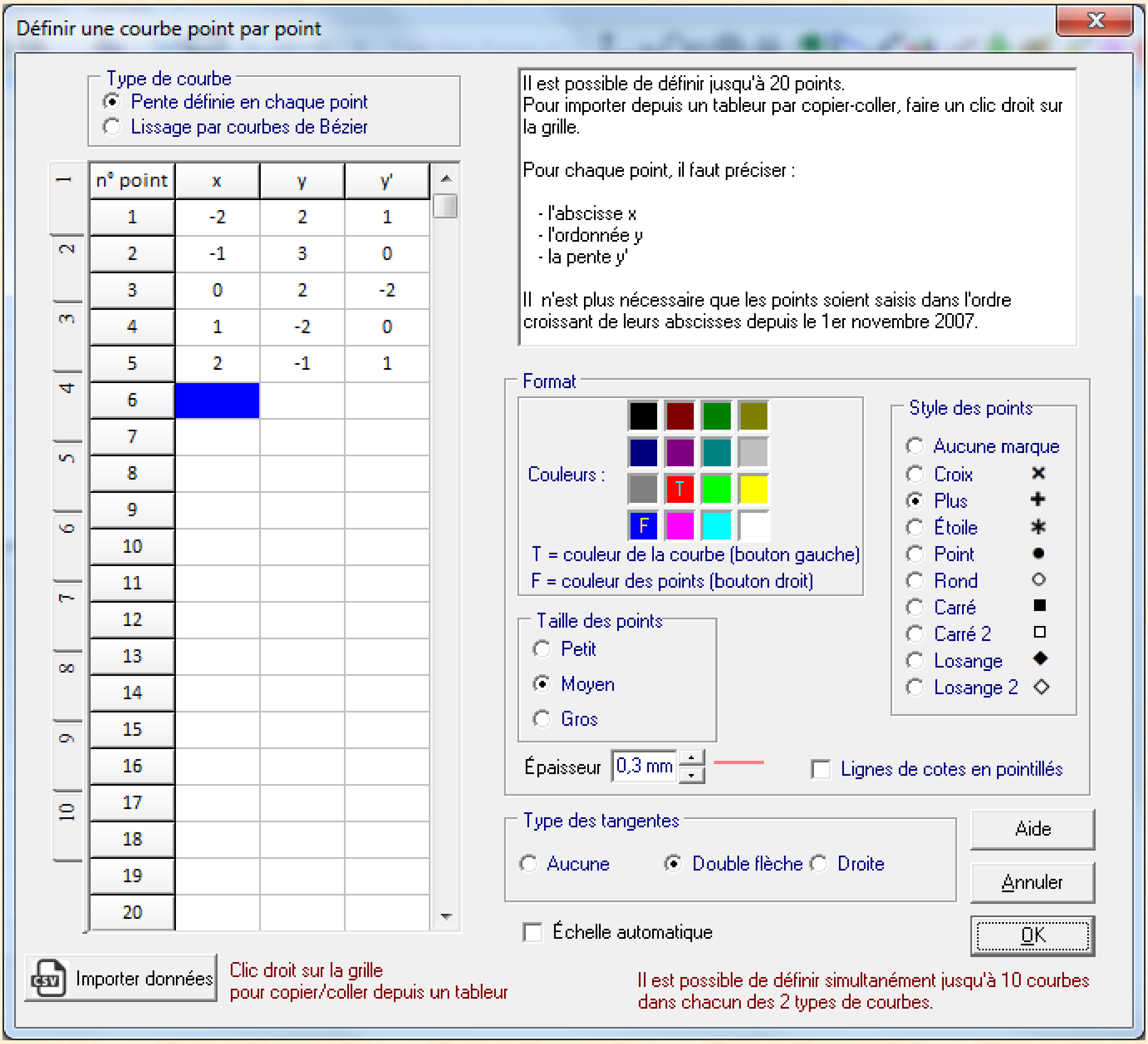
(*Définir / Courbe définie point par point* ou bouton)

Cette commande propose de définir une ou plusieurs courbes selon 2 méthodes différentes :

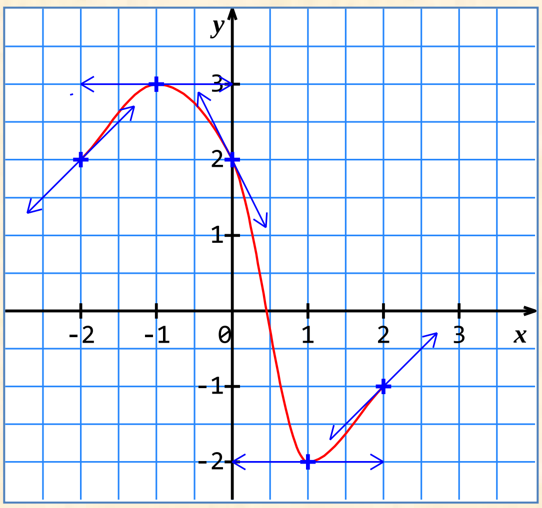
- on donne les coordonnées de chacun des points ainsi que la "pente" de la courbe en chaque point. Cette pente correspond au coefficient directeur de la tangente, ou nombre dérivé.
- on donne seulement les coordonnées de chacun des points et le logiciel se charge lui-même d'interpoler ces points. Cette interpolation se fait en utilisant des courbes de Bézier. Plus précisément, pour chaque intervalle entre 2 points, le logiciel ajoute 2 points invisibles qui servent de points de contrôle pour la construction de l'arc de Bézier. L'utilisateur peut agir sur le coefficient de lissage pour modifier l'allure de la courbe.

L'écran de saisie montre qu'on peut définir jusqu'à 10 courbes pour chacune des 2 méthodes (voir les onglets sur le côté gauche).

Courbe définie point par point avec la pente en chaque point

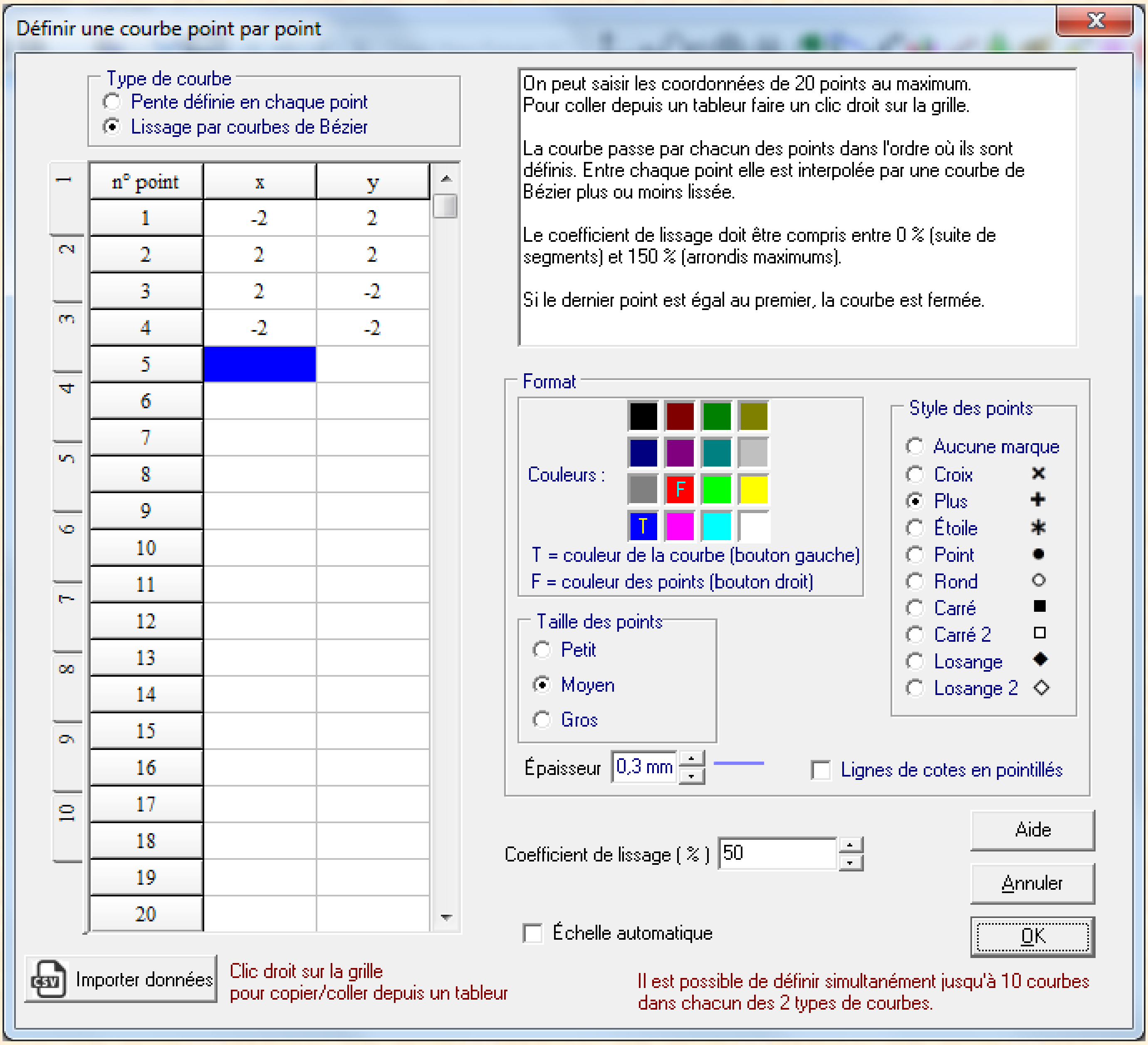


Ici, on a défini 5 points (on peut aller jusqu'à 20 points). Les 2 premières colonnes correspondent aux coordonnées des 5 points. La 3^{e} colonne contient la pente (nombre dérivé) en chaque point. Voici le résultat obtenu :

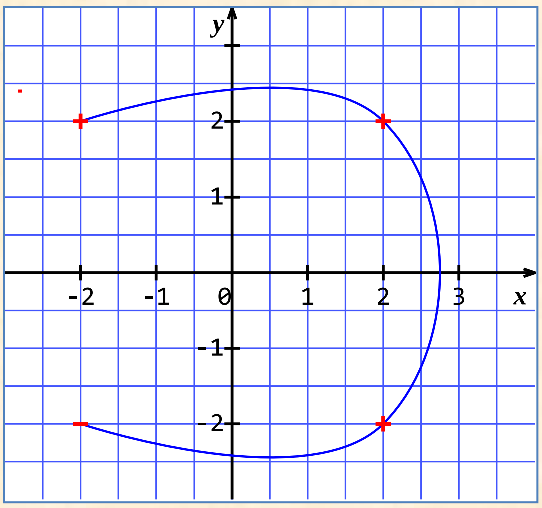


Courbe définie point par point avec interpolation automatique

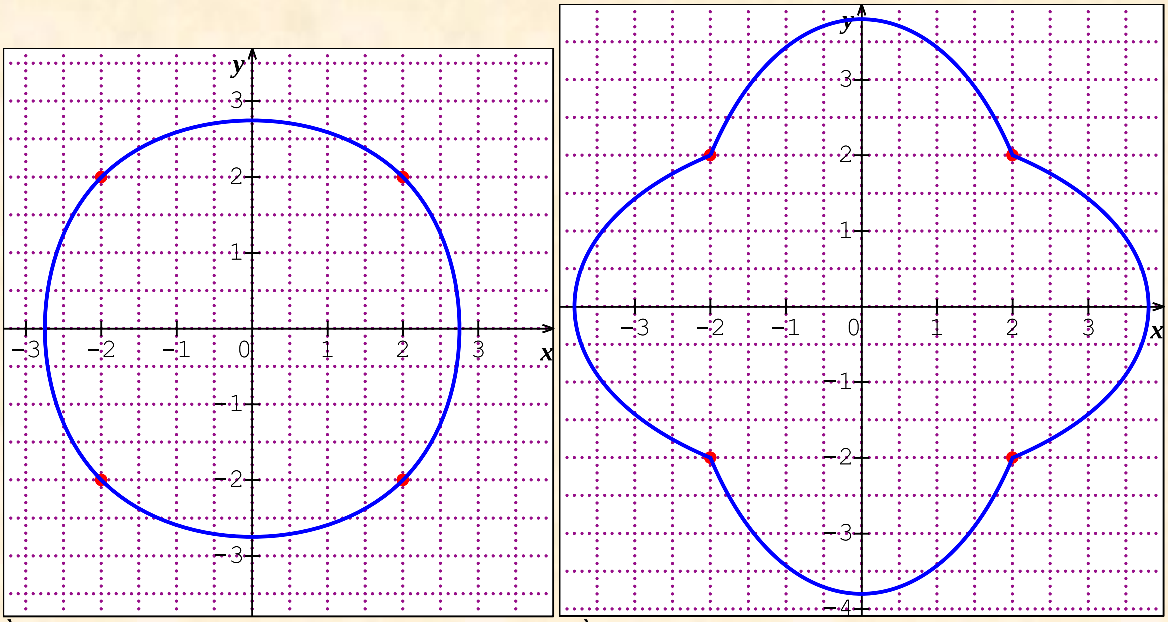
Voici maintenant un exemple de courbe définie point par point avec interpolation par arcs de Bézier :



Le résultat ne donne pas forcément une courbe représentant une fonction car le logiciel joint les points dans l'ordre où ils sont définis !



On peut même obtenir une courbe fermée : il suffit que le dernier point de la liste soit le même que le premier point :



À gauche, le coefficient de lissage est de 50. À droite, il est de 120…

Définir une droite

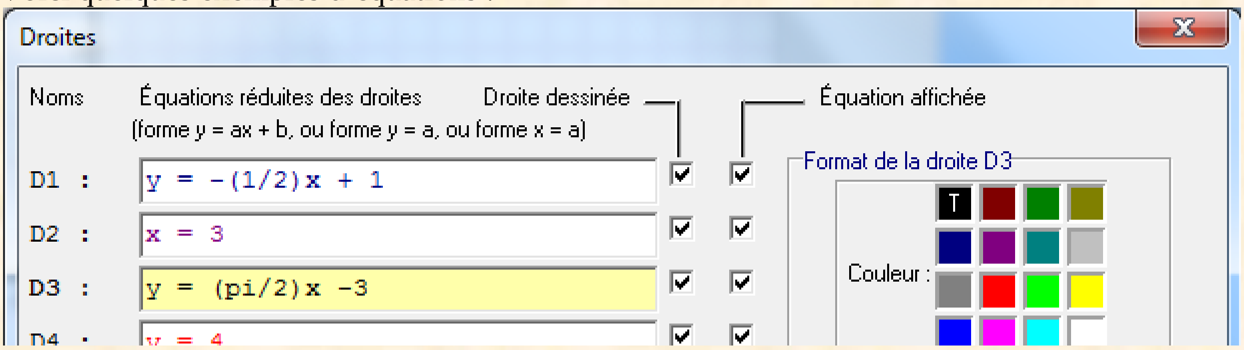
(*Définir / Droites* ou bouton )

Il est possible de tracer des droites comme courbes représentatives de fonctions, mais, ceci n’est pas possible pour les droites qui sont parallèles à l’axe des ordonnées.

Pour contourner la difficulté, *Sine qua non* propose une fenêtre permettant de définir 10 droites quelconques en saisissant leurs équations réduites.

Saisie de l’équation réduite

L’équation réduite d’une droite est de la forme $y = ax + b$ ou de la forme $x = a$.
Voici quelques exemples d’équations :



On peut remarquer qu’il faut taper l’expression complète : celle-ci doit obligatoirement commencer par « x = » ou par « y = ». Les cases à cocher déterminent, pour chaque droite, si la droite est dessinée et si l’équation est affichée sur le droite.

Il est possible de mettre autant d’espaces que l’on veut pour aérer l’écriture.

Les coefficients peuvent être des constantes calculées, comme par exemple π/2 (le nombre π étant saisi sous la forme PI). Les constantes peuvent même faire appel à des fonctions, par exemple : `y = (ln 2) x + sin (Pi/6).` L’équation d’une droite oblique peut aussi être tapée sous la forme $y = b + ax$, par exemple $y = 3 - 5x$.

Choix de la couleur, de l'épaisseur et du style de droite

(*Définir / Droites* ou bouton)

Dans la partie droite de la fenêtre de saisie des équations des droites, on peut voir la zone de contrôle du format. Cette zone comprend 3 commandes qui concernent respectivement la couleur de la droite sélectionnée, son épaisseur et son style.

Pour sélectionner une droite particulière, il suffit de cliquer dans la zone de saisie de son équation.

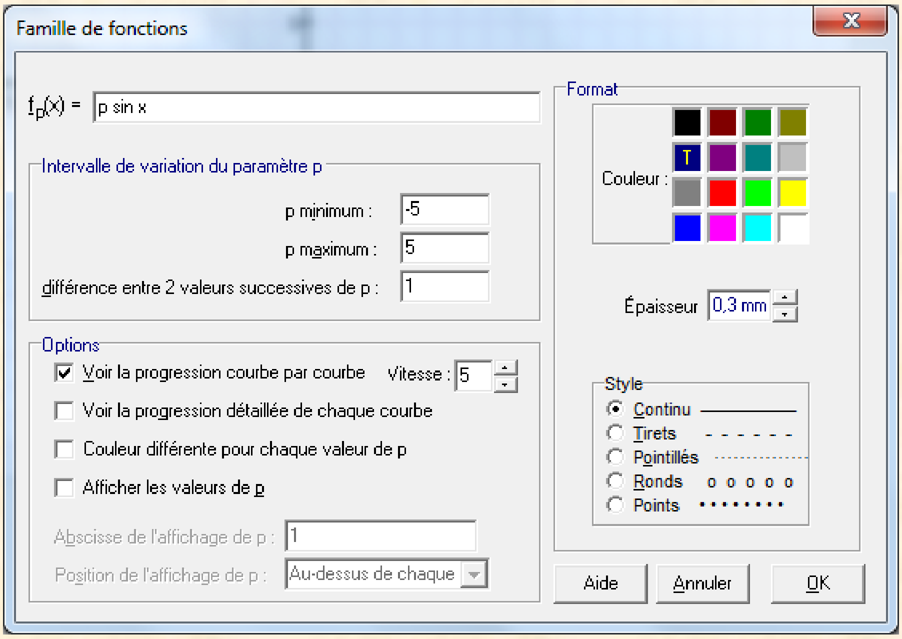
Voir aussi le format des courbes représentatives de fonctions ainsi que celui des courbes paramétrées.

Famille de fonctions dépendant d'un paramètre *p*

(*Définir / Famille de fonctions $f_p(x)$*)

Cette commande permet de définir et de dessiner très facilement un grand nombre de courbes représentatives de fonctions dont l'équation dépend d'un paramètre.

Le nom du paramètre est obligatoirement *p*.



Saisie de l'expression d'une famille de fonctions

La commande *Définir / Famille de fonctions $f_p(x)$* permet d'obtenir la fenêtre précédente.

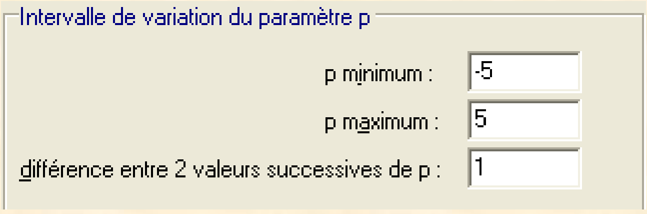
L'équation d'une famille de fonctions peut contenir plusieurs fois le paramètre *p*. Voici quelques exemples :

$f_p(x) = px^2 - 3px + 5$

$f_p(x) = p \sin x$

$f_p(x) = (p/2)x^2 + \log p$

Intervalle et pas de variation du paramètre *p*

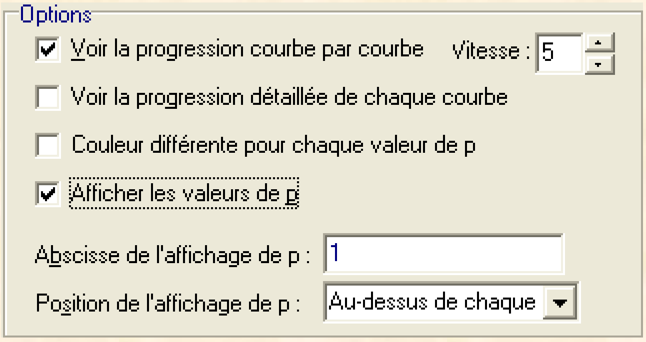


Lorsqu'on définit une famille de fonctions dont l'équation dépend d'un paramètre, il faut préciser les valeurs possibles du paramètre. À défaut d'indication contraire, le paramètre *p* varie dans l'intervalle [–5, 5] avec un pas égal à 1, c'est-à-dire que le paramètre prend successivement les valeurs –5, –4, –3, –2, –1, 0, 1, 2, 3, 4 et 5. Ce choix entraîne donc le dessin de 11 courbes.

L'intervalle et le pas de variation de p sont définis dans la zone suivante :

Les constantes peuvent être des expressions calculées comme 3/4 ou $\pi/6$ (dans ce dernier cas, le nombre π est tapé PI).

Options d'une famille de fonctions



Les options sont au nombre de 4. Elles apparaissent dans le cadre ci-dessous :

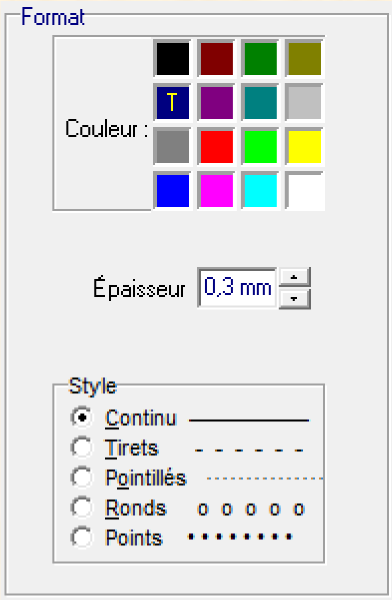
Voir la progression courbe par courbe :
L'affichage est réactualisé après le dessin de chacune des courbes représentatives.

Voir la progression détaillée :
le tracé de chacune des courbes est affiché au fur et à mesure des calculs. Si cette option n'est pas cochée, la courbe n'est affichée que lorsqu'elle est entièrement calculée. Le fait de cocher cette option ralentit considérablement le tracé.

Couleur différente pour chaque valeur de p :
Les courbes successives sont affichées avec des couleurs différentes(choisies par l'ordinateur).

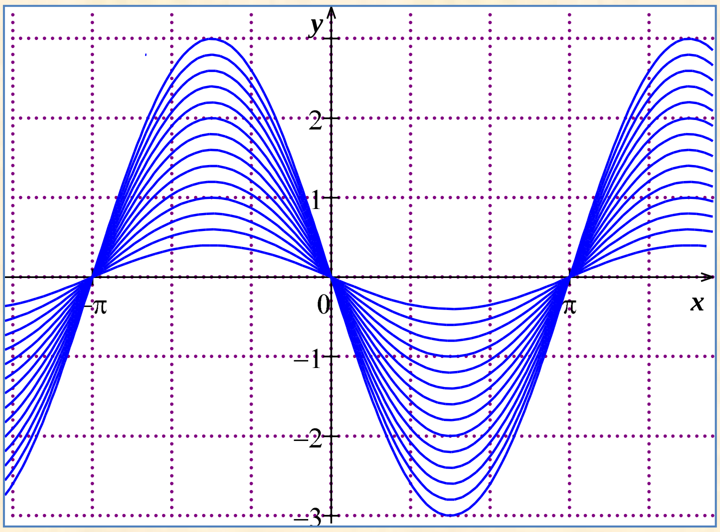
Afficher les valeurs de p :
Lorsque cette option est cochée, les valeurs de p sont affichées sur chacune des courbes. On peut alors préciser l'abscisse de l'affichage (qui peut être une expression contenant p) et la position du nombre p par rapport à chacune des courbes (au-dessus, sur ou en-dessous de la courbe)

Choix de la couleur, de l'épaisseur et du style d'une famille de fonctions



Comme pour les courbes représentatives de fonctions, les courbes paramétrées et les droites, il est possible de préciser le format d'affichage d'une famille de fonctions.

Pour plus de détails, voir le format des courbes représentatives de fonctions ou celui des courbes paramétrées ou celui des droites.



Dans cet exemple, on a défini la famille par :

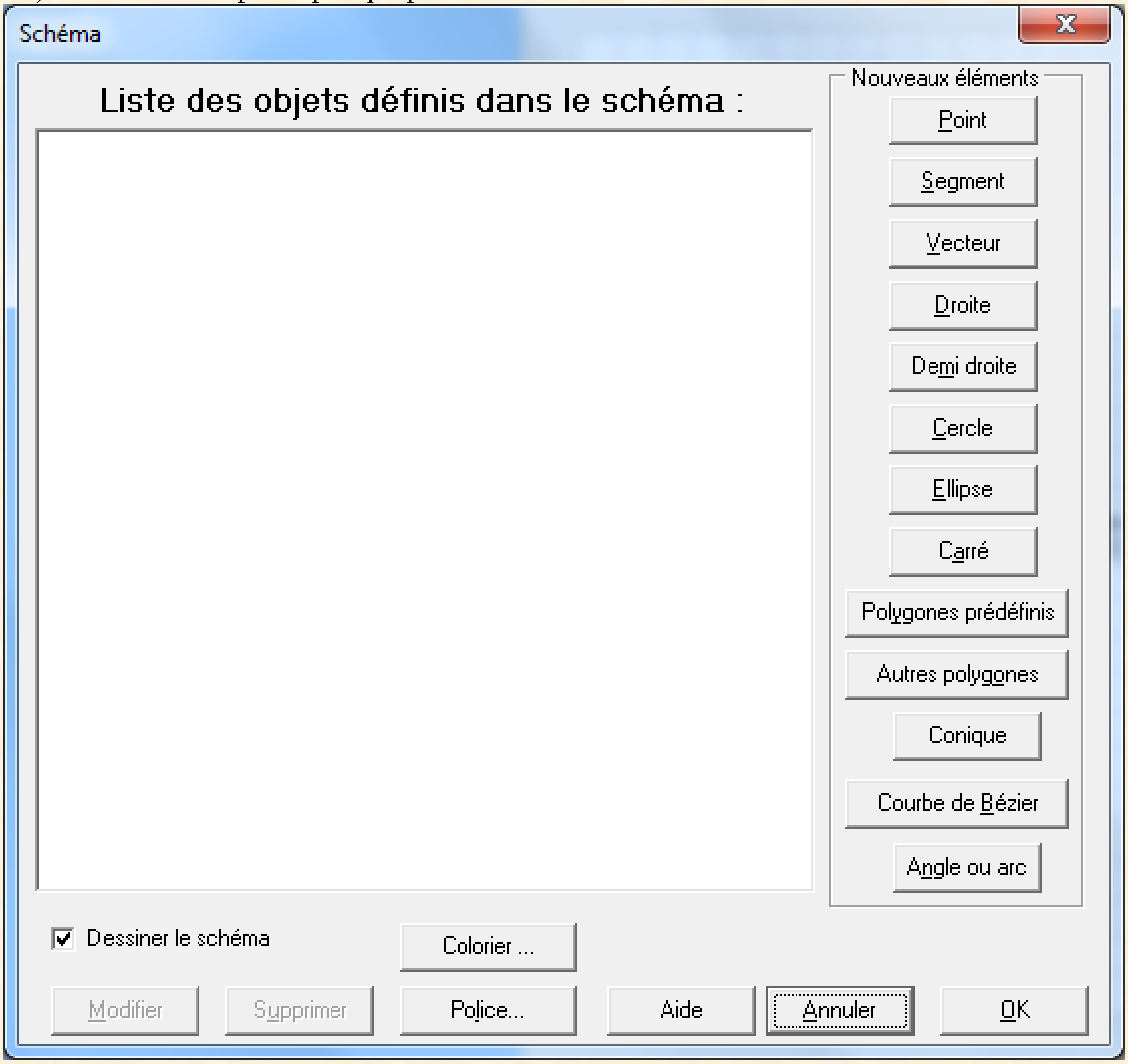
$$f_p(x) = p\sin x$$

et fait varier p de –3 à –0,2 avec un pas égal à 0,2.

Schémas (figures géométriques planes)

(Définir / Schéma)

Il est possible de dessiner très facilement n'importe quelle figure plane. Un schéma peut comporter un nombre quelconque d'éléments (points, segments, vecteurs, droites, demi-droites, polygones, cercles…). Voici l'écran principal qui permet de définir un schéma :



Cet écran se présente en 2 parties :

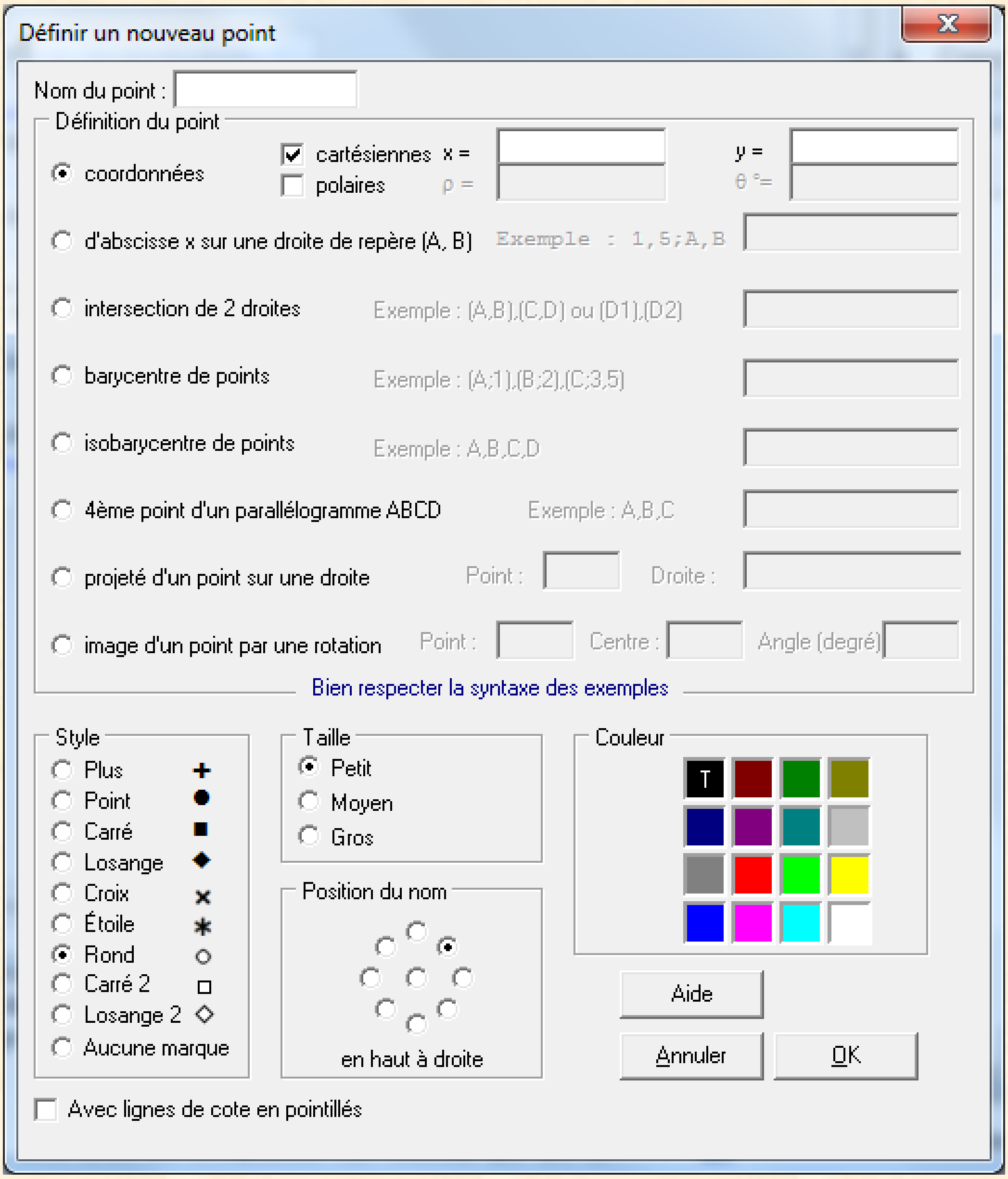
- à gauche, un cadre montre la liste des objets déjà définis (au début, ce cadre est vide mais il se remplit au fur et à mesure que l'on ajoute des éléments). Pour modifier ou supprimer un élément de la liste, il suffit de cliquer dessus puis de cliquer soit sur le bouton Modifier soit sur le bouton Supprimer.
- A droite, un second cadre montre la liste des objets que l'on peut ajouter. Chaque bouton déclenche l'ouverture d'une fenêtre de saisie qui permet de préciser les caractéristiques de l'objet (couleur, style, coordonnées s'il s'agit d'un point ou d'un vecteur …).

En bas, le bouton Police... permet de définir la police utilisée pour les noms des points du schéma.

Définir un point

(Définir / Schéma / bouton : point ou Ctrl+P)

L'appui sur le bouton « Point » provoque l'ouverture de la fenêtre ci-dessous :



L'utilisateur peut nommer le point et préciser la position de l'affichage du nom en choisissant parmi les 8 directions de la rose des vents. Le nom du point est facultatif et son affichage aussi (il suffit de cliquer sur le bouton central « pas d'affichage du nom »). Le nom peut comporter plusieurs caractères …

Un point peut être défini :

- Par ses coordonnées. Dans ce cas, il faut alors saisir les coordonnées (qui peuvent être des expressions calculées comme par exemple `racine(3)/2`.). On peut utiliser soit les coordonnées cartésiennes, soit les coordonnées polaires (l'angle doit être exprimé en degrés).
- Par son abscisse *x* sur une droite de repère (A,B). Il faut saisir dans l'ordre :
  - L'abscisse (le séparateur décimal peut être la virgule ou le point)
  - Un point-virgule
  - Les noms des 2 points du repère, séparés par une virgule.
- Comme intersection de 2 droites : il faut alors saisir les 2 droites. Une droite peut être désignée soit par son nom (D) ou (D1), soit par 2 points séparés par une virgule comme (A,B). Les noms des droites doivent comporter des parenthèses et être séparés par une virgule.
- Comme barycentre d'un système de points (même si les points du système n'ont pas encore été définis…). Il faut saisir le système de points en respectant bien la syntaxe : chaque couple point-coefficient doit être entouré de parenthèses et le coefficient doit être séparé du nom du point par un point-virgule.

- Comme isobarycentre d'un système de points. Dans ce cas la syntaxe est beaucoup plus simple car il suffit de taper les noms des points en les séparant par une virgule.
- Comme 4$^{\text{ème}}$ point d'un parallélogramme. Il faut saisir, dans l'ordre, les noms des 3 premiers sommets. Ceci permet de construire, par exemple, le point *M* défini par l'égalité vectorielle $\overrightarrow{AM} = \overrightarrow{BC}$. Le point *M* est alors le 4$^{\text{ème}}$ sommet du parallélogramme *A*,*B*,*C*,*M*.
- Comme le projeté d'un point sur une droite (il faut préciser quel est le point projeté et quelle est la droite sur laquelle on le projette)
- Comme image d'un point par une rotation (il faut préciser le point dont on construit l'image, le centre et l'angle de la rotation en degrés)

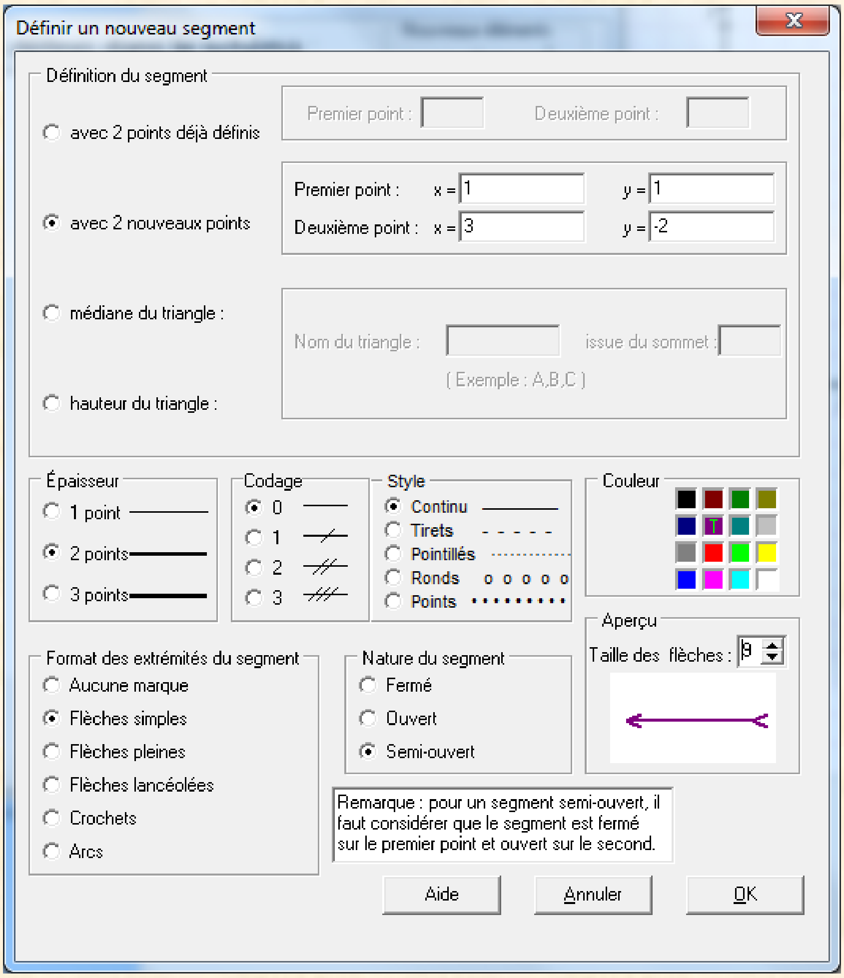
Une fois défini, un point peut toujours être modifié à l'aide du bouton « Modifier » en bas de l'écran de définition du schéma. Seuls les points définis par leurs coordonnées peuvent être déplacés sur l'écran à l'aide de la souris. Tous les autres éléments du schéma, dépendant du point déplacé, sont alors modifiés en même temps.

Une autre façon, beaucoup plus rapide, de définir des points consiste à utiliser la commande « Polygone prédéfini » : les sommets, placés arbitrairement par le logiciel, peuvent être déplacés à la souris…

Définir un segment

(Définir / Schéma / bouton : Segment ou Ctrl+S)

Le bouton « Segment » permet d'avoir l'écran ci-après.



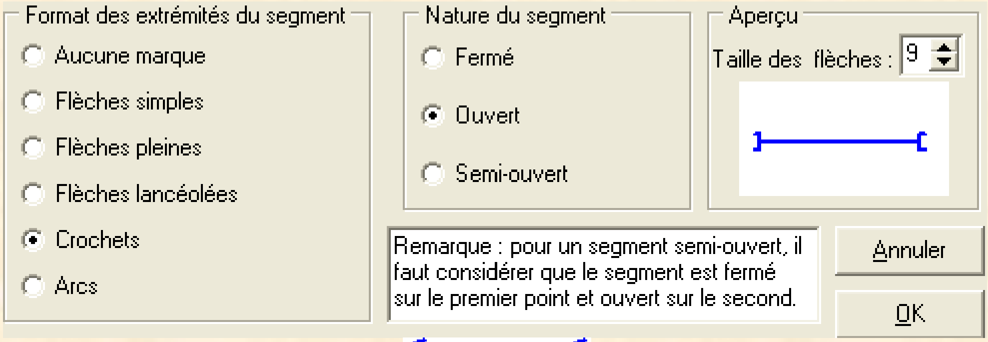
Un segment peut être défini de 4 manières :

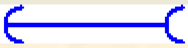
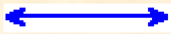
- Avec 2 points déjà définis,
- Avec 2 nouveaux points,
- Comme médiane d'un triangle,
- Comme hauteur d'un triangle.

La 1$^{\text{ère}}$ manière suppose que les 2 points nommés existent déjà, mais en réalité, ils peuvent être définis plus loin dans la liste.

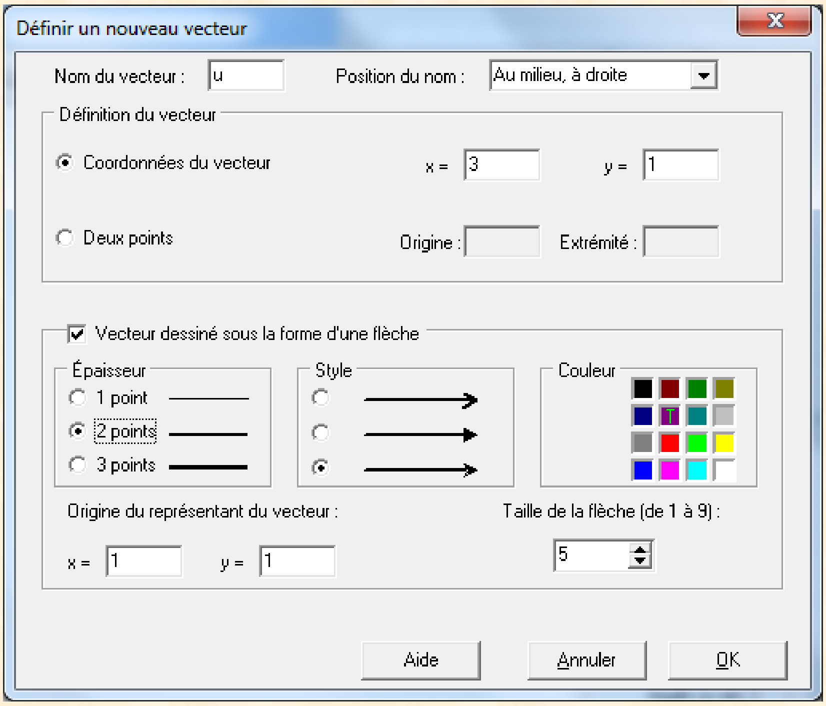
La seconde façon, exige la saisie des coordonnées des 2 extrémités du segment.
Les 2 dernières possibilités concernent un triangle (existant déjà ou pas encore) : on saisit d'abord les noms des 3 sommets du triangle, puis le sommet de départ du segment (hauteur ou médiane).

Depuis la version 2.4, la définition d'un segment s'est considérablement enrichie. On peut maintenant préciser la forme des extrémités du segment :



Autres formes possibles : , ,  …

Définir un vecteur



Le bouton « Vecteur » (Ctrl+V), dans l'écran de définition du schéma, permet de définir un vecteur selon les modalités ci-dessous :

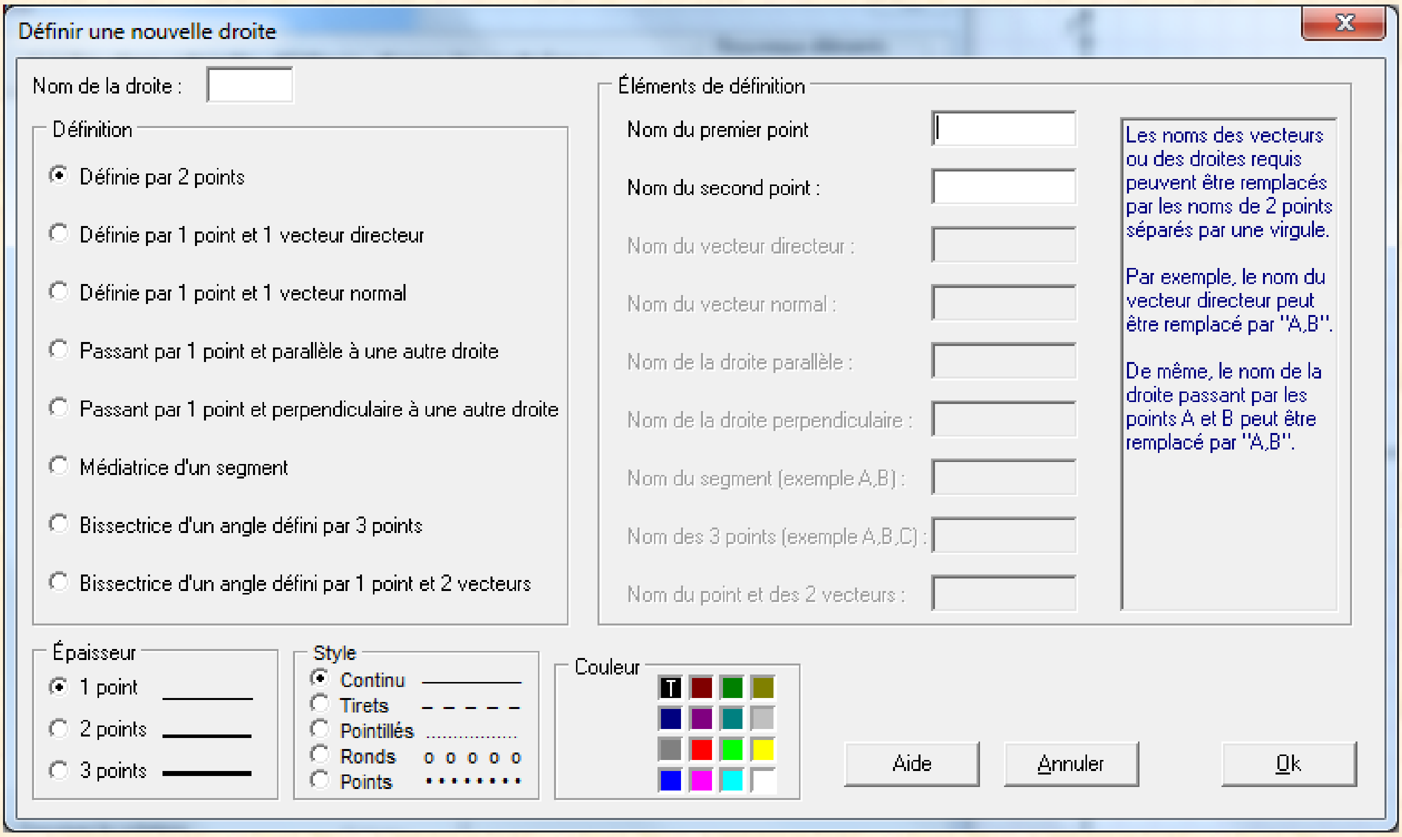
Le vecteur peut être nommé ou non. L'affichage du nom est lui aussi facultatif et 16 positions différentes sont proposées.
Il peut être défini soit par ses coordonnées, soit par ses extrémités.
Il peut être dessiné ou non (par exemple il peut être défini pour servir de vecteur directeur d'une droite et ne pas être dessiné).
S'il est dessiné, plusieurs styles de flèches sont proposées.
Enfin, si le vecteur est défini par ses coordonnées, et s'il doit être dessiné, il faut indiquer en quel point il sera dessiné (« origine du représentant du vecteur »).

Définir une droite

(Définir / Schéma / bouton : droite ou Ctrl+D)

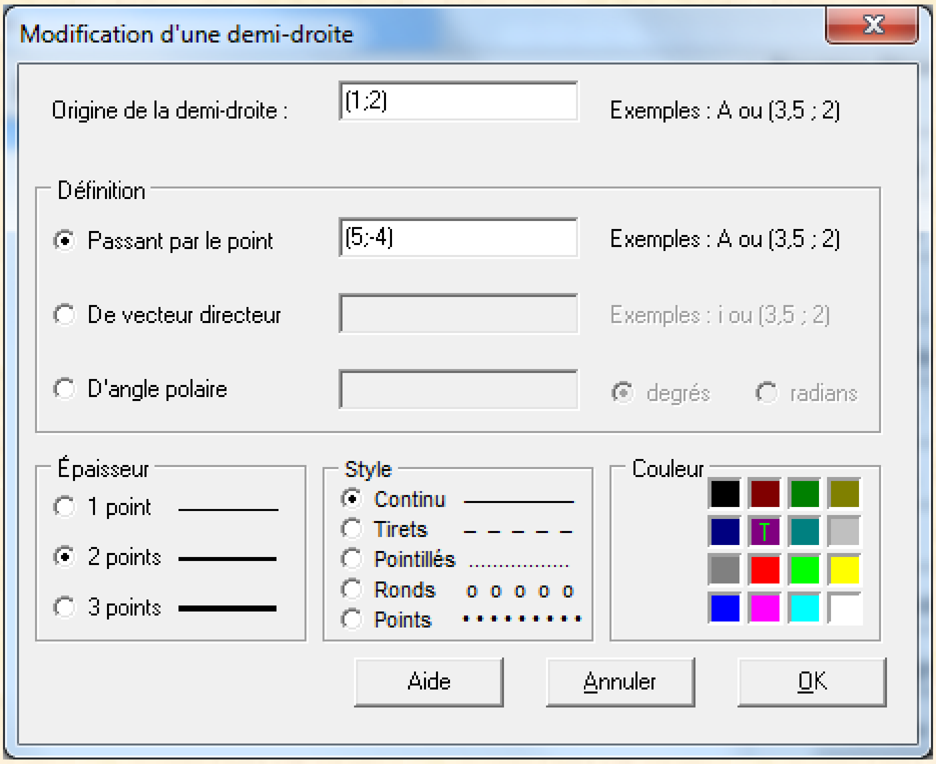
Il existe de très nombreuses possibilités de définir une droite :
- Par 2 points : dans ce cas, il suffit de saisir les noms des 2 points,
- Par 1 point et un vecteur directeur : il faut alors saisir les 2 informations demandées (le nom du vecteur directeur peut être remplacé par 2 points),
- Par un point et un vecteur normal à la droite : saisir le nom du point puis le nom du vecteur normal (ou les 2 points qui définissent le vecteur normal)
- Passant par un point et parallèle à une autre droite,
- Passant par un point et perpendiculaire à une autre droite,
- Comme médiatrice d'un segment : il suffit de saisir le nom des 2 extrémités du segment en les séparant par une virgule (les noms des points, des vecteurs ou des droites peuvent comporter plusieurs caractères…)
- Comme bissectrice d'un angle défini par 3 points,
- Enfin, comme bissectrice d'un angle défini par un point et 2 vecteurs directeurs.

Voici l'écran permettant de définir une droite :



Définir une demi-droite

(Définir / Schéma / bouton : demi-droite ou Ctrl+M)



Une demi-droite peut être définie de 3 façons comme on peut le voir sur l'écran de définition ci-contre :

Il faut obligatoirement préciser l'origine de la demi-droite, soit en nommant le point, soit en précisant ses coordonnées. Dans ce dernier cas, il faut bien respecter la syntaxe proposée dans l'exemple : il faut encadrer les coordonnées par des parenthèses et les séparer par un point-virgule.

Outre l'origine de la demi droite, il faut préciser :

- Soit un autre point de la demi-droite (différent si possible de l'origine)
- Soit un vecteur directeur de la demi-droite,
- Soit l'angle polaire de la demi-droite, c'est à dire, l'angle orienté entre l'axe des abscisses ($x > 0$) et la demi-droite. Cet angle peut être exprimé en degrés ou en radians : la valeur de l'angle peut être simple ou calculée comme par exemple 5pi/6.

Comme pour les points, les segments, les vecteurs et les droites, les demi-droites sont également caractérisées par une épaisseur, un style et une couleur.

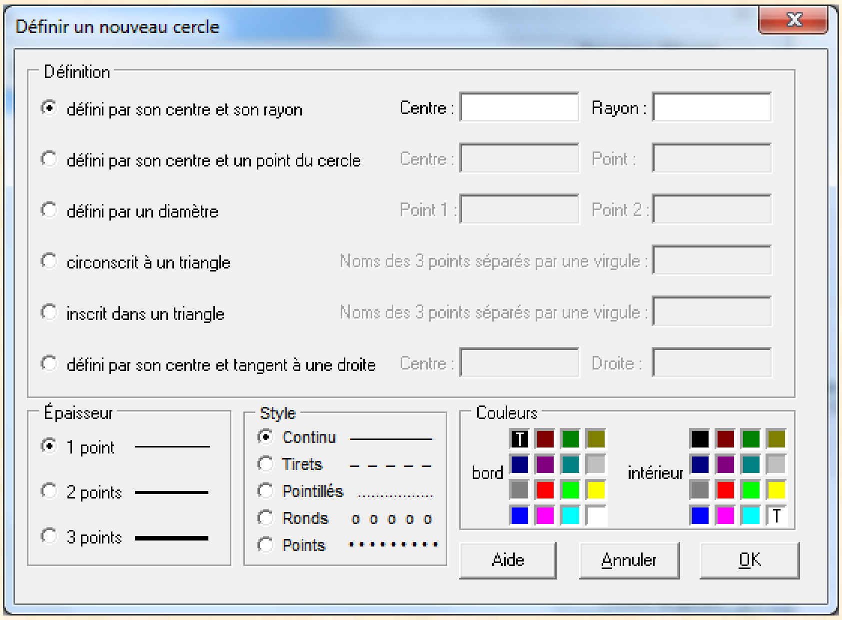
Définir un cercle

(Définir / Cercle / bouton : cercle ou Ctrl+C)

Un cercle peut être défini :

- Par son centre et la longueur du rayon,
- Par son centre et un point du cercle,
- Par 2 points diamétralement opposés,
- Par un triangle auquel il est circonscrit,
- Par un triangle dans lequel il est inscrit,
- Enfin, par son centre et une droite à laquelle il est tangent.

On retrouve ces 6 possibilités dans l'écran ci-contre :



Comme d'habitude, le cercle possède d'autres attributs :

- une épaisseur
- un style
- une couleur.

À ce propos, il faut définir 2 couleurs pour le cercle, une pour le bord du cercle et une pour l'intérieur.

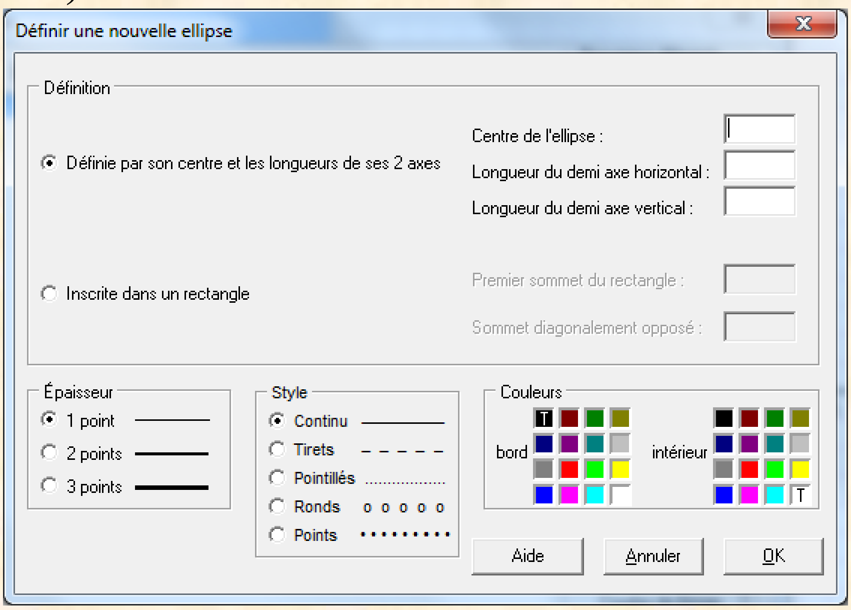
Définir une ellipse

(Définir / Schéma / bouton : ellipse ou Ctrl+E)

Il est vrai que les ellipses ont quasiment disparu des programmes des lycées (sauf en BTS) mais, pour être complet, on peut quand même obtenir de 2 façons une ellipse dans un schéma :

- en précisant le centre et les longueurs des 2 axes de l'ellipse
- en précisant les sommets opposés du rectangle qui doit contenir l'ellipse.

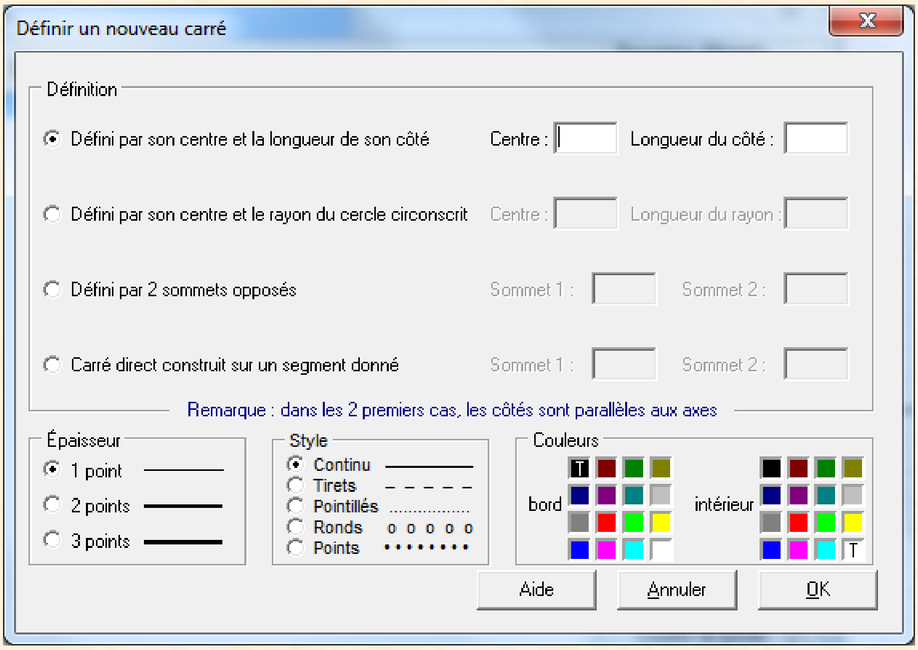
Dans les 2 cas, les axes sont parallèles aux axes du repère.



Définir un carré
(Définir / Schéma / bouton : carré)

Le logiciel Sine qua non permet de définir un carré de 4 façons :
- en précisant le centre du carré et la longueur de son côté,
- en précisant le centre du carré et le rayon du cercle circonscrit au carré,
- en précisant 2 sommets opposés du carré,
- en indiquant qu’il s’agit d’un carré direct construit sur un segment donné.

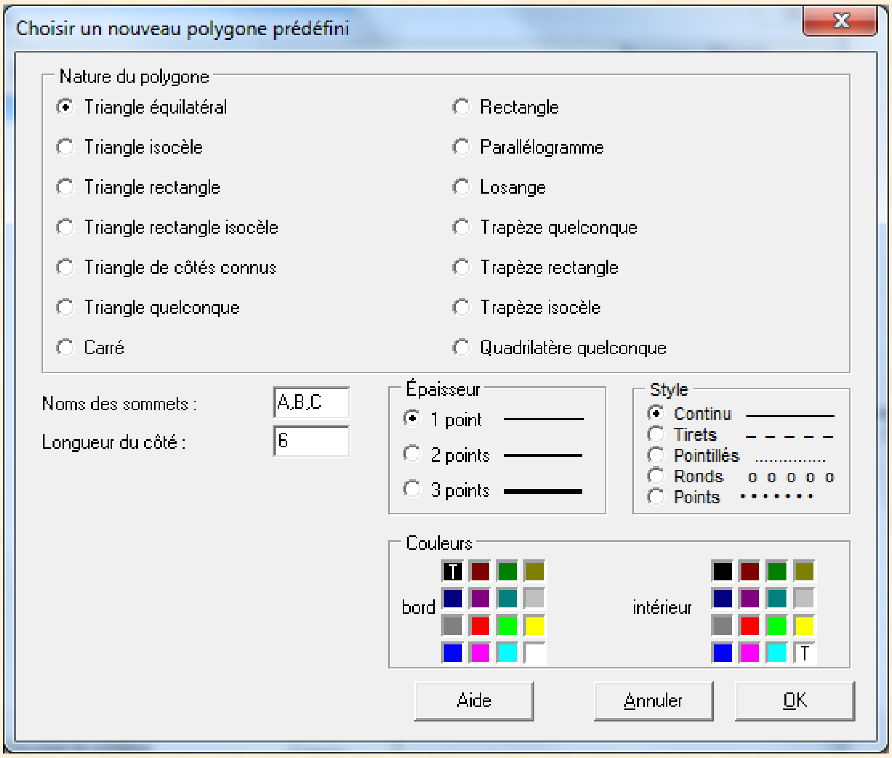
Dans les 2 premiers cas, les côtés du carré sont parallèles aux axes du repère.
Voici l’écran de saisie pour définir un carré :



Remarque : un carré peut également être défini comme polygone régulier à 4 côtés (voir plus loin)

Polygones prédéfinis

Le bouton « polygone prédéfini » est très pratique car il permet de définir, très rapidement un polygone parmi 14 possibilités :



Dans tous les cas, il faut préciser les noms des 3 ou des 4 sommets.

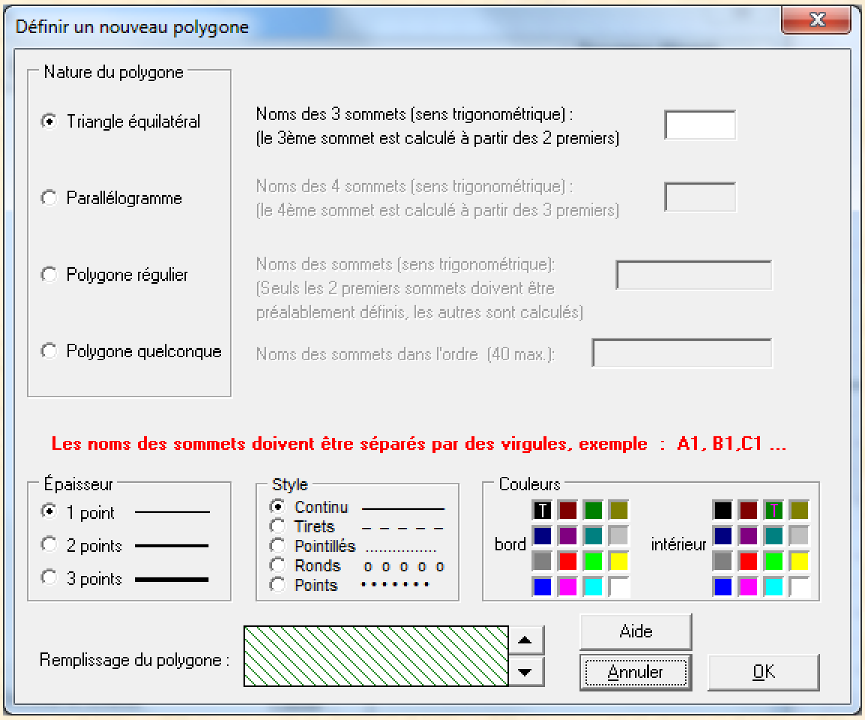
Selon la nature du polygone, il faut aussi préciser 1, 2 ou 3 autres éléments.

Attention : si les noms des sommets sont des points déjà présents, ils sont tous détruits (sauf le premier sommet) et remplacés par des nouveaux points.

Les sommets ainsi définis peuvent être ensuite déplacés à la souris, mais dans ce cas, le polygone ne conserve plus forcément les propriétés qu'il avait au départ : ainsi par exemple, si on définit un triangle isocèle et si ensuite on déplace un sommet, il est évident que le triangle ne reste pas forcément isocèle…

Autres polygones

On peut enfin définir d'autres polygones comme le montre la figure suivante :

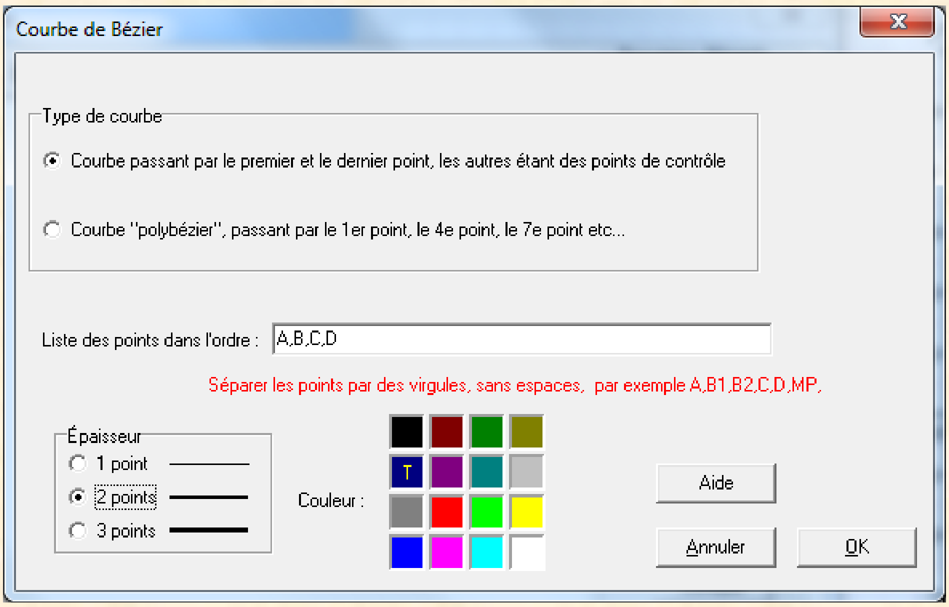


- pour un triangle équilatéral, il faut préalablement avoir défini les 2 premiers sommets. Le troisième sommet est alors construit automatiquement dans le sens trigonométrique.
- de même, pour un parallélogramme, il faut avoir auparavant défini les 3 premiers sommets.
- pour un polygone régulier, il faut d'abord définir les 2 premiers sommets et le logiciel se charge de construire tout seul les autres sommets, en tournant dans le sens trigonométrique.
- enfin, pour un polygone quelconque, il n'y a aucune contrainte si ce n'est celle d'avoir défini auparavant les différents sommets.

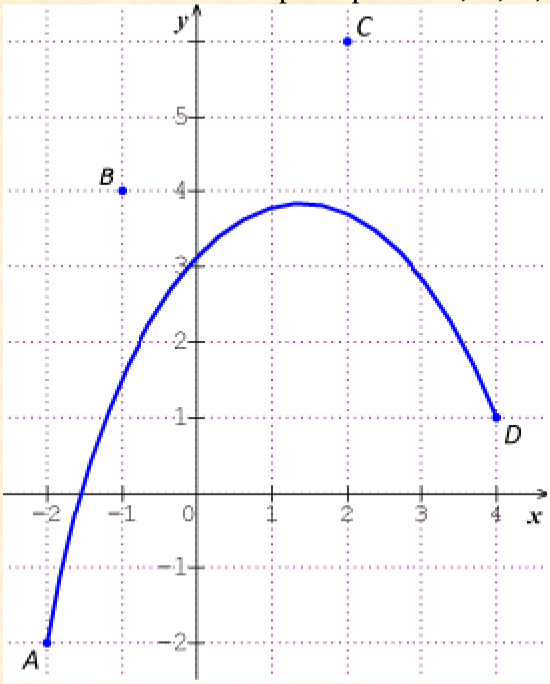
Remarque : les hachures ne sont pas reproduites sur le traitement de texte OpenOffice ☹

Courbes de Bézier

Dans un schéma (*Definir/Schéma*) on peut maintenant définir une ou plusieurs courbes de Bézier. Ces courbes figurent dans certains programmes de BTS. On peut définir 2 types de courbes de Bézier comme on le voit ci-dessous :

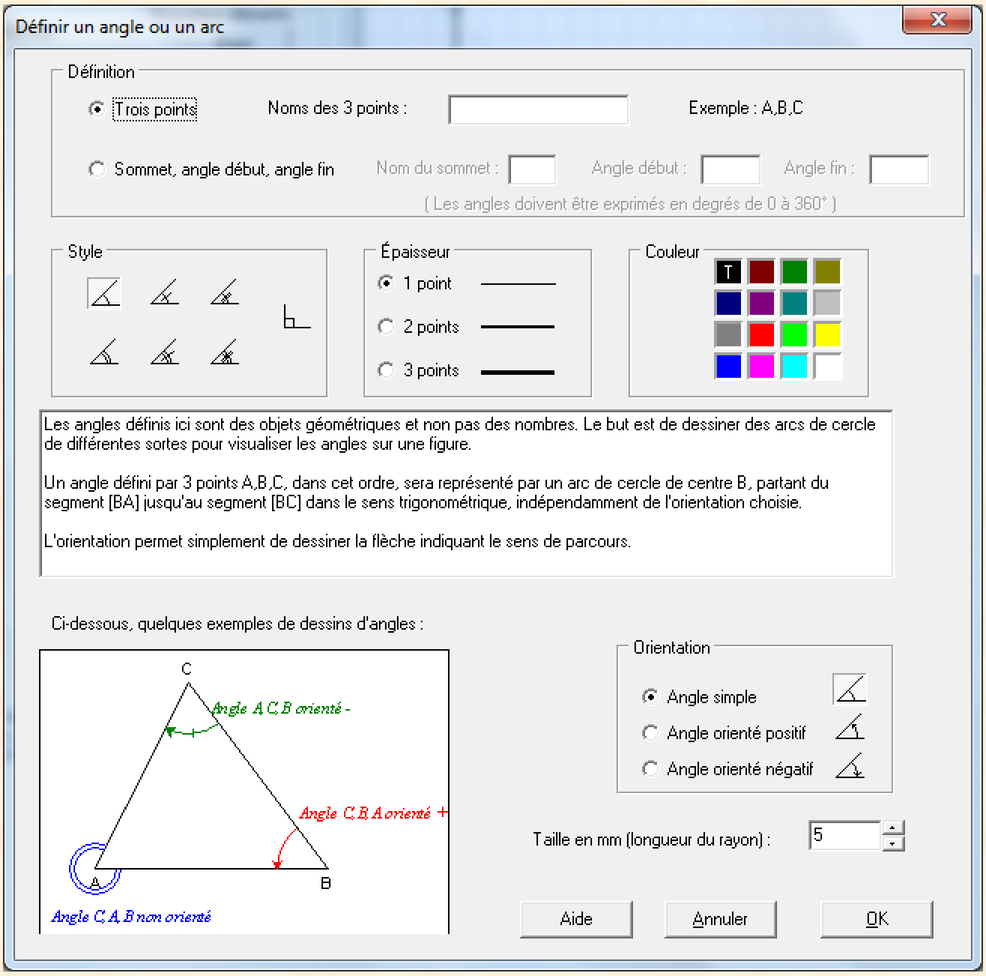


Voici le résultat pour une courbe de Bézier définie par 4 points A, B, C, D :



Comme toujours, les points (qui doivent avoir été définis avant la courbe de Bézier) peuvent être déplacés à la souris. On peut ainsi voir les déformations de la courbe lorsqu'on déplace un ou plusieurs points… Pour l'exemple ci-dessus, dans tous les cas, les droites (AB) et (CD) sont tangentes à la courbe.

Définir un angle ou un arc



Cette commande permet de dessiner des angles sur un schéma. Un angle peut être défini de 2 façons (par 3 points, ou par son sommet et un arc de cercle). Lorsqu'il est défini par 3 points, l'ordre des 3 points est important (voir les exemples).

Le style, l'épaisseur et la couleur sont réglables.

Colorier une zone

Le bouton 

permet de remplir une zone fermée avec une couleur donnée. Attention, la zone coloriée ne sera prise en compte dans un document texte que si le dessin est enregistré au format image et si cette image est insérée dans le document texte.

Textes

Il est souvent nécessaire de rajouter du texte bref sur un dessin, par exemple pour écrire le titre du dessin, le nom d'une courbe, l'équation d'une asymptote …
Il existe 2 types de textes dans Sine qua non :

- les textes ordinaires
- les expressions mathématiques définies en code LaTeX (voir plus loin).

Dans ce paragraphe, nous nous intéressons aux textes ordinaires.

Chaque texte est caractérisé par :

- son contenu,
- la police de caractères (taille, couleur, attribut),
- les coordonnées d'ancrage du texte,
- la couleur de l'arrière plan.
- l'angle d'inclinaison du texte

C'est ainsi que, si on déplace l'origine, les textes se déplacent d'autant. Si on augmente ou si on diminue la longueur des unités de graduation, les textes se déplacent également car ils conservent leurs coordonnées. On peut écrire jusqu'à 60 textes indépendamment les uns des autres, chaque texte étant limité à une ligne de quelques mots. Dans certains cas, on peut utiliser des indices.

Ajouter un texte

(*Définir / Texte* ab)
Pour ajouter un texte, il suffit de cliquer sur le 2e bouton de la barre d'outils textes :

Aussitôt le curseur change de forme et les outils de la barre deviennent actifs :

Il suffit alors de cliquer n'importe où sur le dessin pour commencer à saisir son texte. Les 4 boutons suivants de la barre d'outils textes sont, dans l'ordre : le bouton pour préciser la couleur de l'arrière plan, celui pour mettre en gras, celui pour écrire en italique, celui pour écrire en caractères soulignés. Le bouton TEX permet de définir une expression en code LaTeX (voir plus loin). Enfin, le bouton Times New Roman-12 permet de choisir la police de caractères, la taille, la couleur. La fin de la saisie se fait soit en appuyant sur la touche « entrée », soit en cliquant en dehors de la zone de texte.

Modifier ou supprimer un texte

Pour modifier un texte déjà saisi, il suffit de cliquer à l'intérieur du texte et de corriger. Dès que l'on clique dans une zone de texte, un cadre apparaît autour du texte. On peut alors changer l'attribut du texte (gras ou italique ou gras+souligné) ou même changer la taille et la police en cliquant sur le bouton ad hoc.

Pour terminer les modifications, il faut cliquer en dehors de la zone de texte. Le cadre autour du texte disparaît alors.

Pour supprimer un texte, il faut cliquer sur celui-ci et simplement effacer tous les caractères.

Déplacer un texte

Pour déplacer un texte, il faut procéder en 4 étapes :

- cliquer dans la zone de texte,
- cliquer à nouveau dans la zone de texte et faire glisser le texte à un autre endroit sans lâcher le bouton gauche de la souris,

- lâcher le bouton gauche de la souris,
- cliquer en dehors de la zone de texte pour faire disparaître le cadre.

Le texte se positionne exactement à l'endroit ou pointe le curseur. Plus exactement, le bord supérieur gauche du cadre se place à l'endroit où on lâche le bouton gauche de la souris.
Pour déplacer avec plus de finesse un texte, on peut aussi, en mode saisie, appuyer conjointement sur la touche Alt et sur l'une des flèches de déplacement.
remarque : le texte est toujours placé au premier plan, devant le quadrillage.

Attributs d'un texte

On appelle attribut d'un texte tout qualificatif qui caractérise la forme générale des caractères employés. Les attributs les plus courants sont :

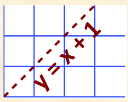
- normal : comme ce texte,
- gras : **les caractères sont plus épais** G
- italique : *les caractères sont penchés vers la droite* I
- souligné : <u>les caractères sont soulignés.</u> S

Ces attributs sont cumulatifs : un texte peut être à la fois gras et italique.
Les autres attributs (taille, couleur, fonte notamment) ne sont accessibles qu'en utilisant le bouton Times New Roman-10. Le texte écrit sur ce bouton indique la police et la taille utilisée actuellement. Il change chaque fois que l'on change de police.

Indices

Lorsque le texte comporte 2 caractères, dont le second est un chiffre, comme a1 ou B0, l'affichage du second caractère est toujours en indice (une fois la saisie terminée). De plus, ce second caractère est toujours "romain", c'est à dire non italique, quelque soit le style choisi par l'utilisateur.
De même, 3 textes particuliers, "Cf", "Cg" et "Ch" sont automatiquement affichés avec le second caractère en indice. Le premier caractère doit obligatoirement être un C majuscule et peut être choisi dans une police "ronde" (Cmath script, ou English157 BT, par exemple). Le second caractère sera toujours écrit en indice, italique dans la police Times New Roman. On peut bien sûr écrire en indices ou en exposants, de façon bien plus fine, en utilisant le codage LaTeX…

Angle d'inclinaison du texte

Pour incliner un texte avec un angle, il suffit de faire précéder le texte du caractère "/" et de la valeur en degrés de l'angle. Par exemple, pour obtenir ceci : 

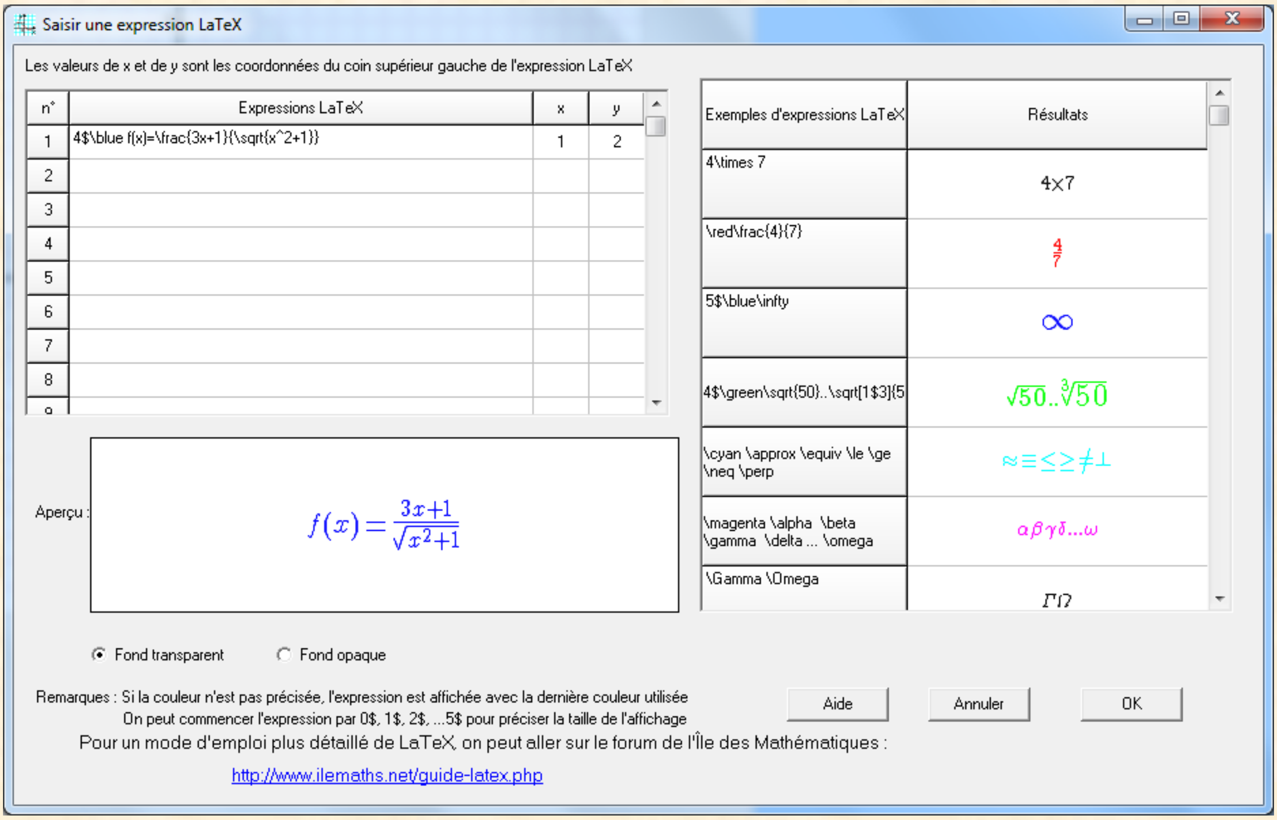
, il faut saisir $\boxed{\text{/45;y = x + 1}}$. La valeur de l'angle doit être un nombre entier (positif ou négatif) saisi entre les caractères "/" et ";".

Définir une expression avec du code LaTeX

LaTeX est un traitement de texte élaboré permettant de créer des documents dont la qualité est irréprochable, notamment pour tous les textes scientifiques. Le logiciel Sine qua non permet, modestement, de profiter de la puissance de ce langage pour ajouter des expressions mathématiques sur le dessin.

Le langage LaTeX est très performant certes, mais son apprentissage est un peu long. Cependant, s'il s'agit de taper une simple formule comme par exemple $f(x)=\frac{3x+1}{\sqrt{x^2+1}}$, ce n'est pas bien difficile.

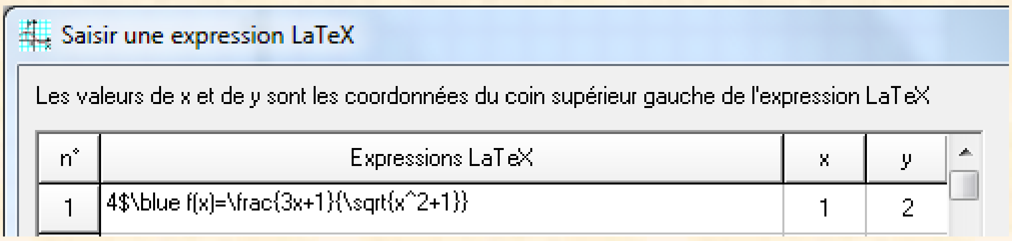
Pour commencer, il faut choisir la commande *Définir/Expression LaTeX* ou cliquer sur le bouton. Une fenêtre est alors affichée et il est possible de définir une cinquantaine d'expressions LaTeX :



Chaque expression LaTeX est associée à un point d'ancrage sur le dessin. Ce point est donné par ses coordonnées $(x\,;\,y)$ que l'on saisit dans les 2 colonnes de droite. La partie droite contient des exemples d'expressions LaTeX.

Dans l'exemple ci-dessus, si on veut obtenir l'expression $f(x)=\dfrac{3x+1}{\sqrt{x^2+1}}$, en bleu, dans cette taille assez grande, à la position (1 ; 2) sur le graphique.

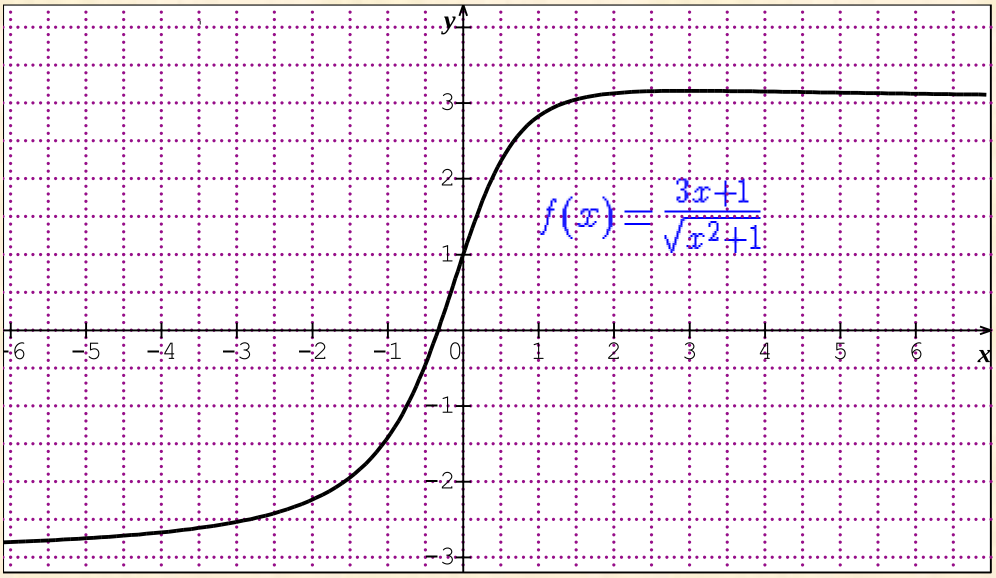
Il faut taper ceci :



L'expression commence par **4$** : taille 4 (la taille standard est 3, plus petite)
Ensuite on trouve **\blue** : l'expression sera bleue.
Ensuite on écrit : **f(x)=\frac{…}{…}** pour indiquer qu'il s'agit d'une fraction. Le mot-clé \frac doit être suivi de 2 expressions entre accolades, la première pour le numérateur, la seconde pour le dénominateur.
Au dénominateur on veut mettre une racine carrée. C'est pourquoi on écrit **\sqrt{x^2+1}**, autrement dit $\sqrt{x^2+1}$.

On trouvera de très nombreux sites, sur Internet, expliquant comment utiliser LaTeX. Parmi tous ces sites, on peut mentionner celui de l'Île des Mathématiques :
http://www.ilemaths.net/guide-latex.php

Voici le résultat obtenu :



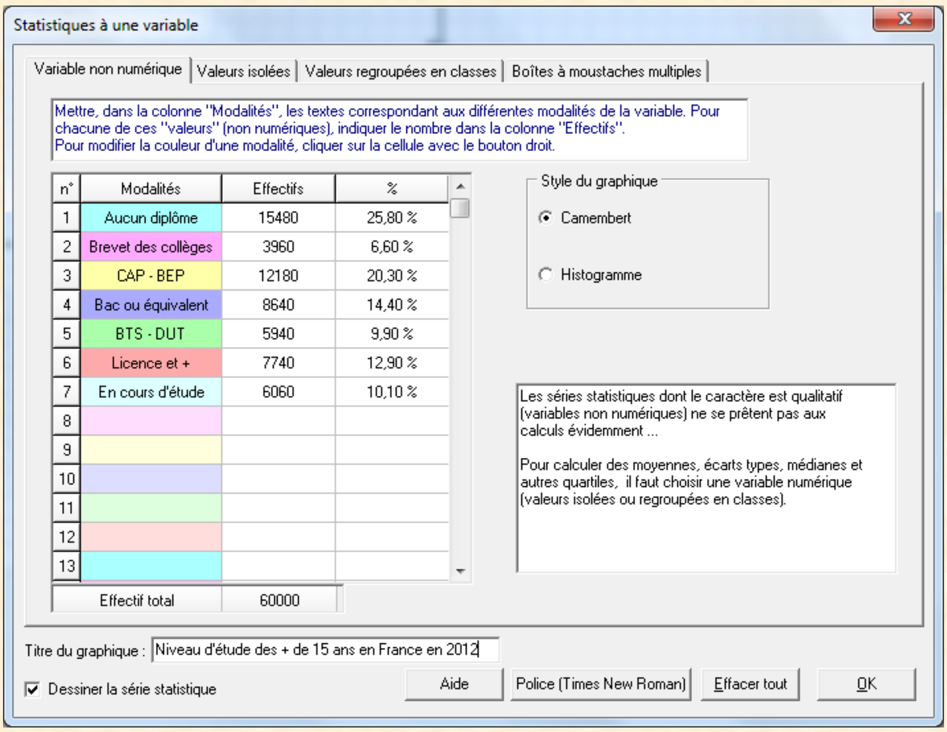
Statistiques

Les séries statistiques à une ou deux variables peuvent être saisies et représentées graphiquement. Outre les graphiques (histogrammes, camemberts, boîtes à moustaches, nuage de points et courbes de régression), *Sine qua non* effectue les calculs habituels comme sur toutes les bonnes calculatrices. Ainsi, on pourra connaître les principaux paramètres (moyennes, variances, écarts types, médianes et autres quartiles, covariance, coefficient de corrélation …)

Statistiques à une variable

Les séries statistiques à une variable portent sur un caractère statistique qui peut être qualitatif (non numérique) ou quantitatif (numérique). Dans ce dernier cas, les données peuvent être regroupées en classes ou pas.

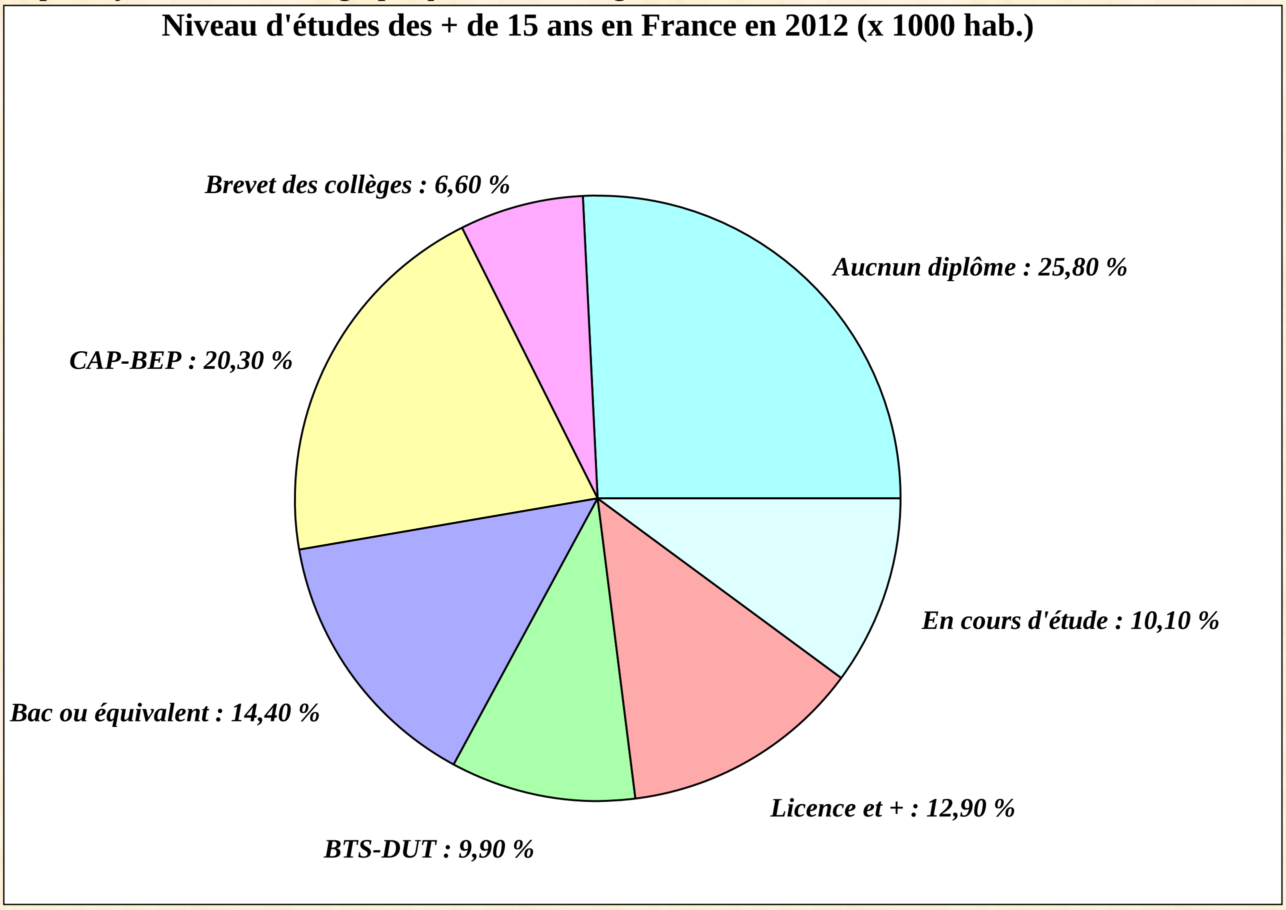
L’écran de saisie s’obtient à l’aide du bouton  ou en effectuant la commande *Définir/Série statistique simple* :



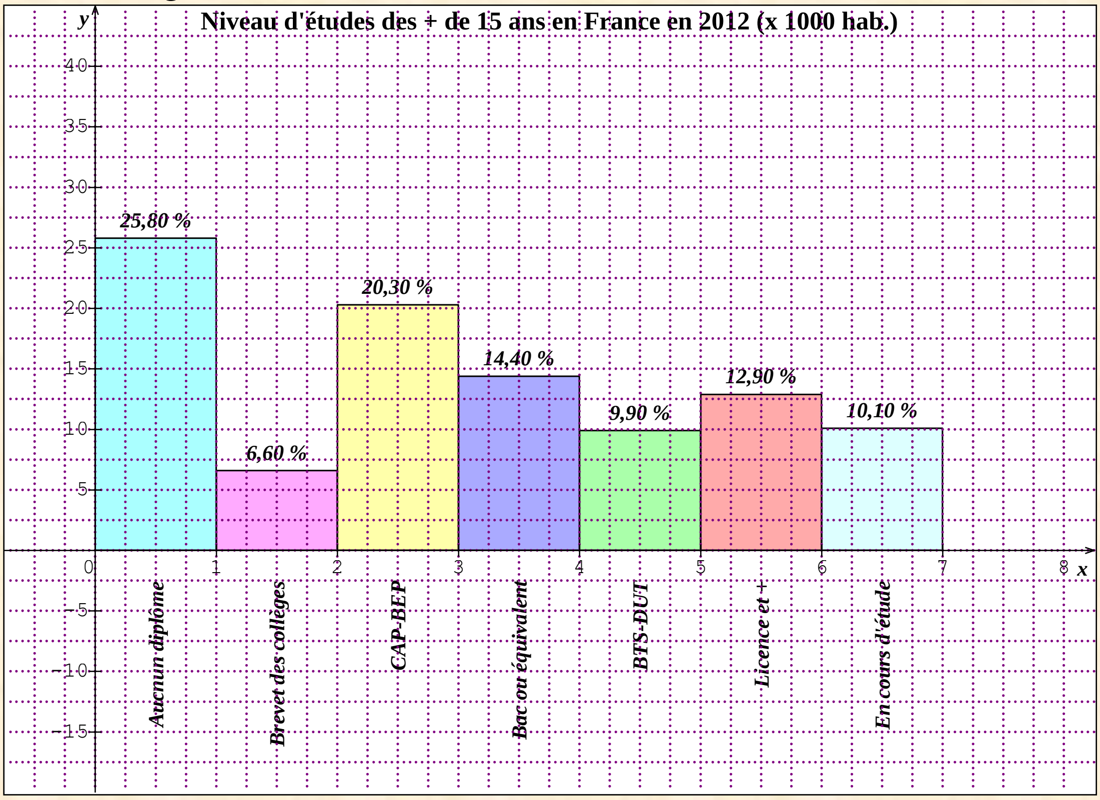
Cet écran comporte 4 volets selon la nature de la variable statistique :

Variable non numérique : Le caractère étudié étant qualitatif, les « valeurs » (ou modalités) prises par celui-ci sont donc des textes. Dans l’exemple ci-dessus, on voit que les modalités sont saisies dans la colonne de gauche et les effectifs dans la colonne centrale. Les pourcentages sont calculés automatiquement au fur et à mesure de la saisie.

On peut ajouter un titre au graphique. Celui-ci figurera en haut du dessin :



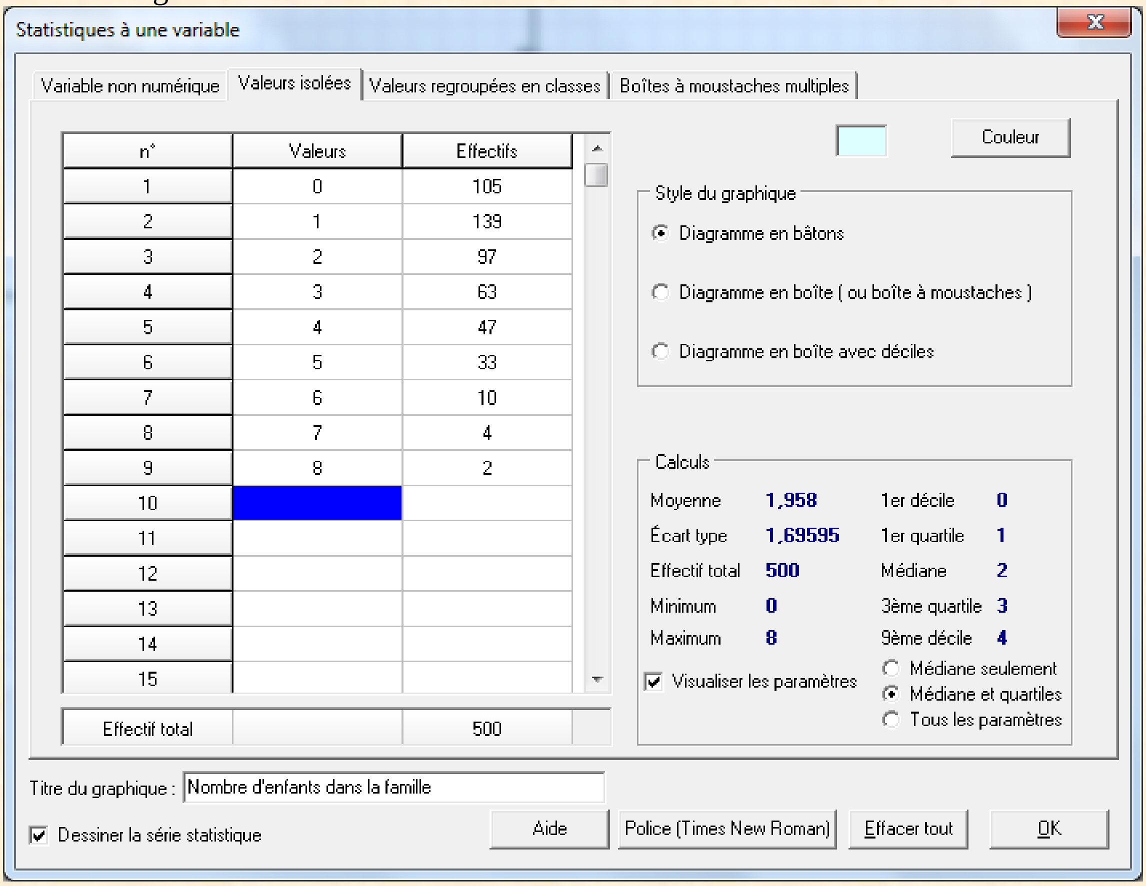
Si on a choisi l'histogramme, voici le résultat :



Les couleurs peuvent être modifiées en revenant à l'écran de saisie et en cliquant, avec le bouton droit de la souris, sur la modalité dont on veut changer la couleur.

Variable numérique à valeurs isolées

Il faut choisir l'onglet central en haut de la fenêtre de saisie :

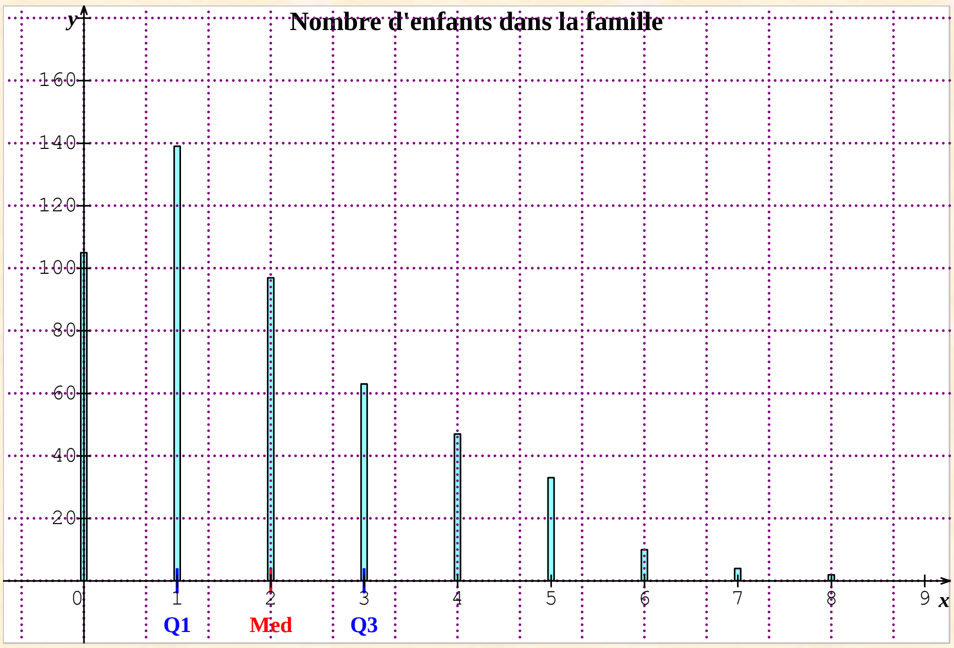


Lorsqu'on commence la saisie dans la colonne « valeurs », les effectifs sont automatiquement mis à 1. Les données peuvent être importées depuis un tableur (clic-droit sur la grille, puis coller).

Le logiciel propose à nouveau 3 types de graphiques :

- le diagramme en bâtons
- le diagramme en boîte (ou boîte à moustaches ou diagramme de Tukey).
- le diagramme en boîte avec déciles.

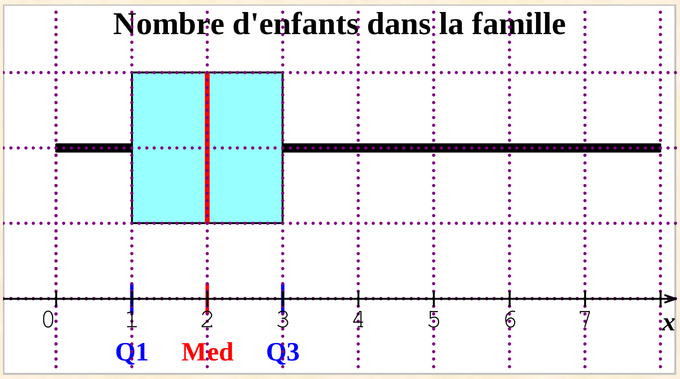
Le diagramme en bâtons donne ceci :



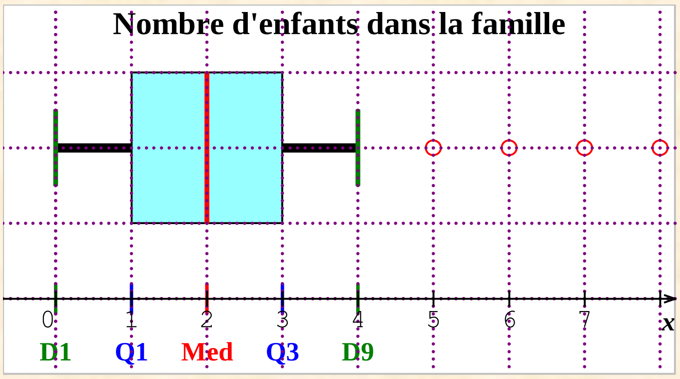
Bien entendu, il appartient à l'utilisateur de définir son repère avec des unités convenablement choisies.

On peut lire, en abscisse, les différents paramètres de position (déciles et quartiles).

Les diagrammes en boîte sont très différents :



Sans les déciles



Avec les déciles

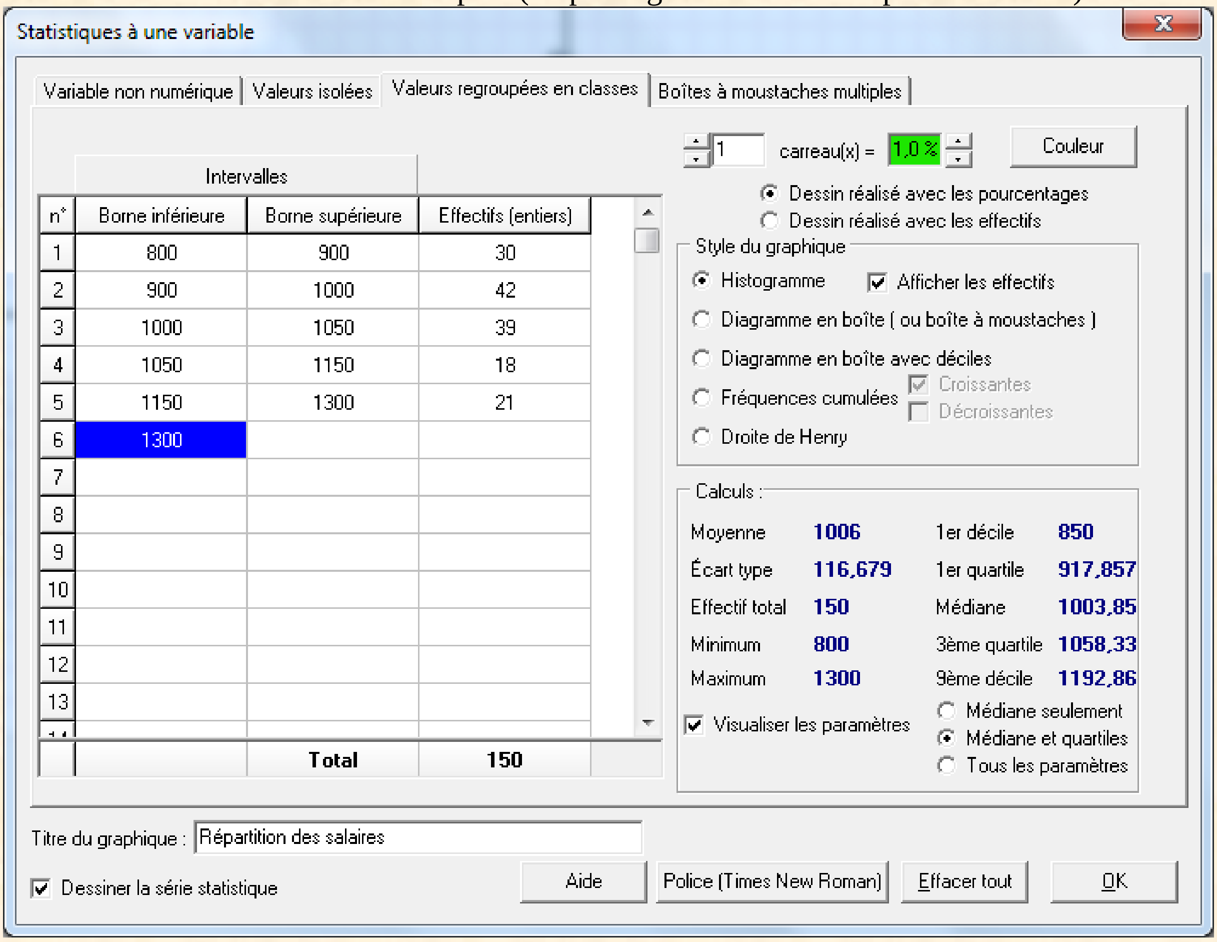
Ces 2 modèles correspondent aux modèles préconisés dans les programmes des lycées.

Variable numérique à valeurs regroupées en classes

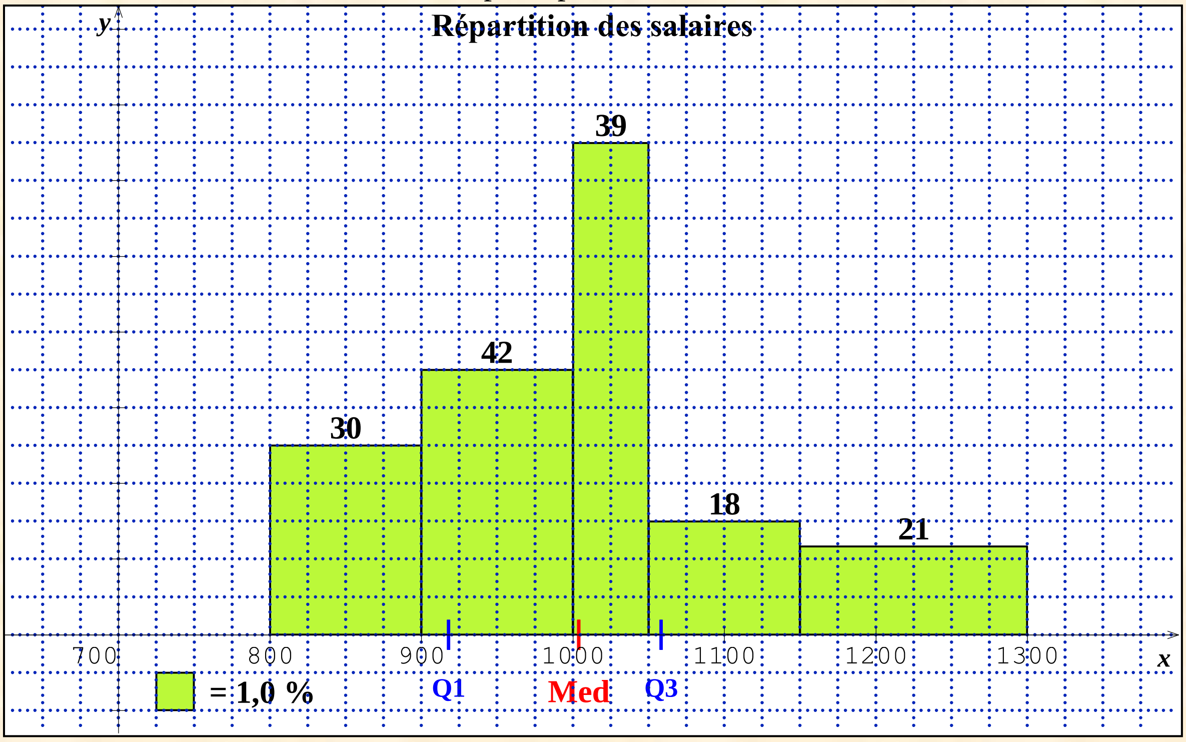
Dans de nombreux cas, les données statistiques sont réparties par intervalles de valeurs (classes). Le plus souvent, ces intervalles ont la même largeur mais ce n'est pas toujours le cas, comme dans l'exemple ci-dessous :

Salaires	[800 ; 900[	[900 ; 1000[	[1000 ; 1050[	[1050 ; 1150[	[1150 ; 1300[
Effectifs	30	42	39	18	21

La saisie se fait comme sur l'écran ci-après (on peut également coller depuis un tableur) :

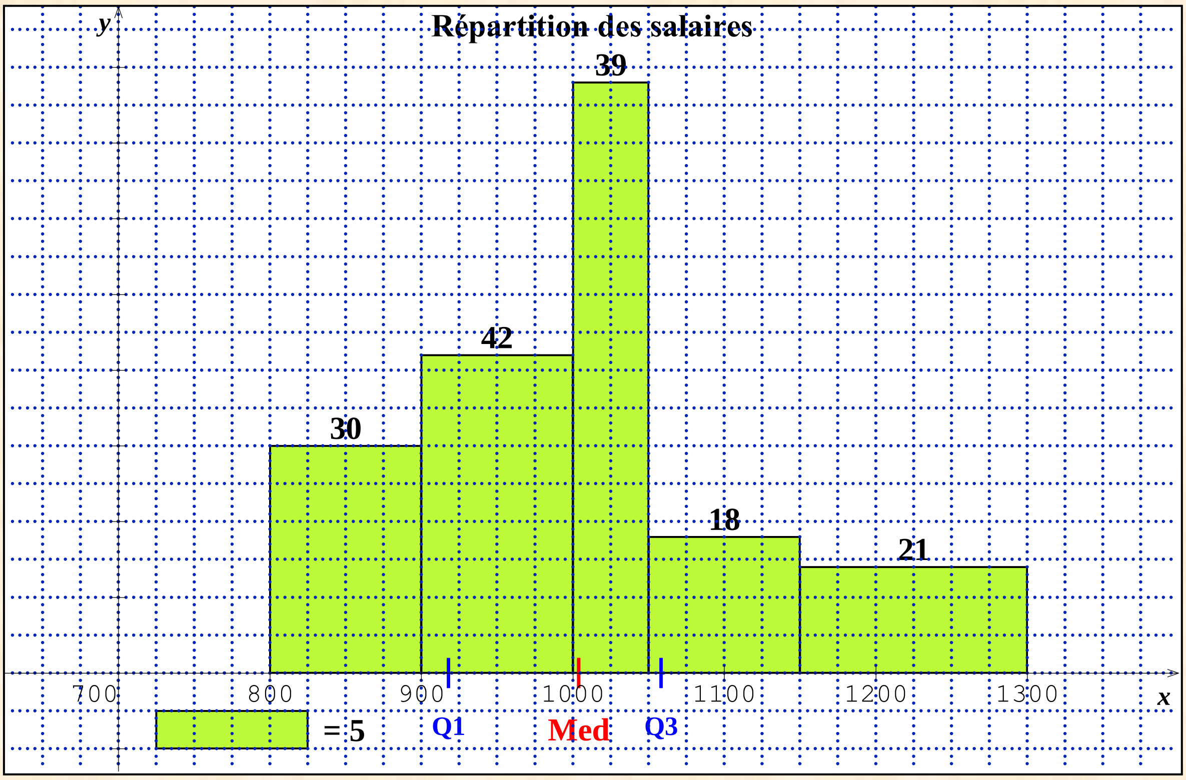


Lorsqu'on choisit le style histogramme, la surface des rectangles (et non pas la hauteur) est proportionnelle à l'effectif (ou au pourcentage). À défaut d'indication, 1 carreau représente 1% de l'effectif…
Bien entendu, l'axe des ordonnées ne comporte pas d'unités…

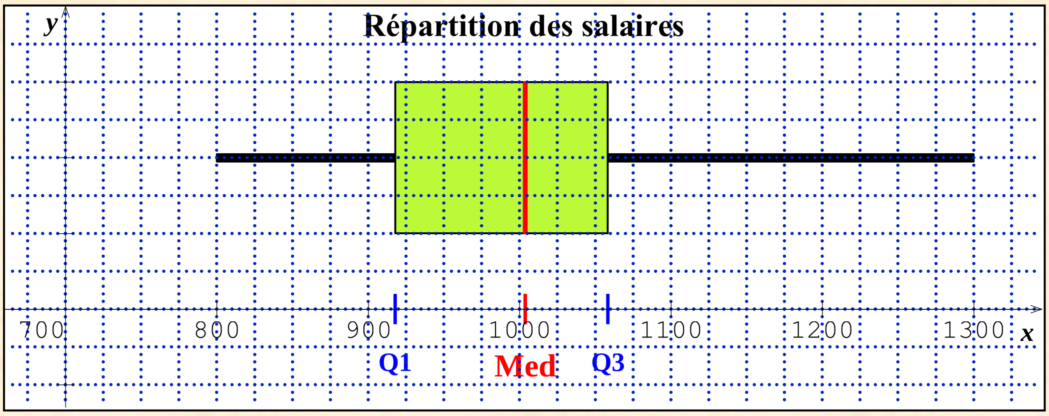


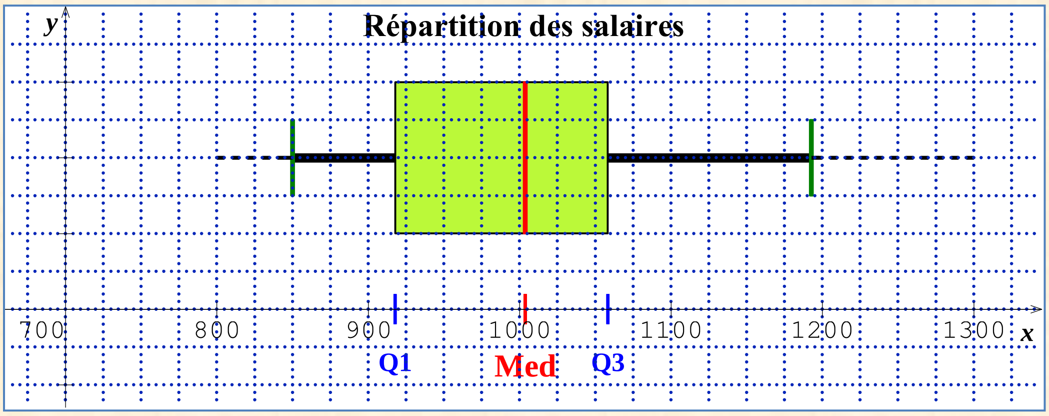
On peut même, si on veut, supprimer totalement l'axe des ordonnées.

Le même graphique, mais réalisé avec les effectifs et non pas les pourcentages :

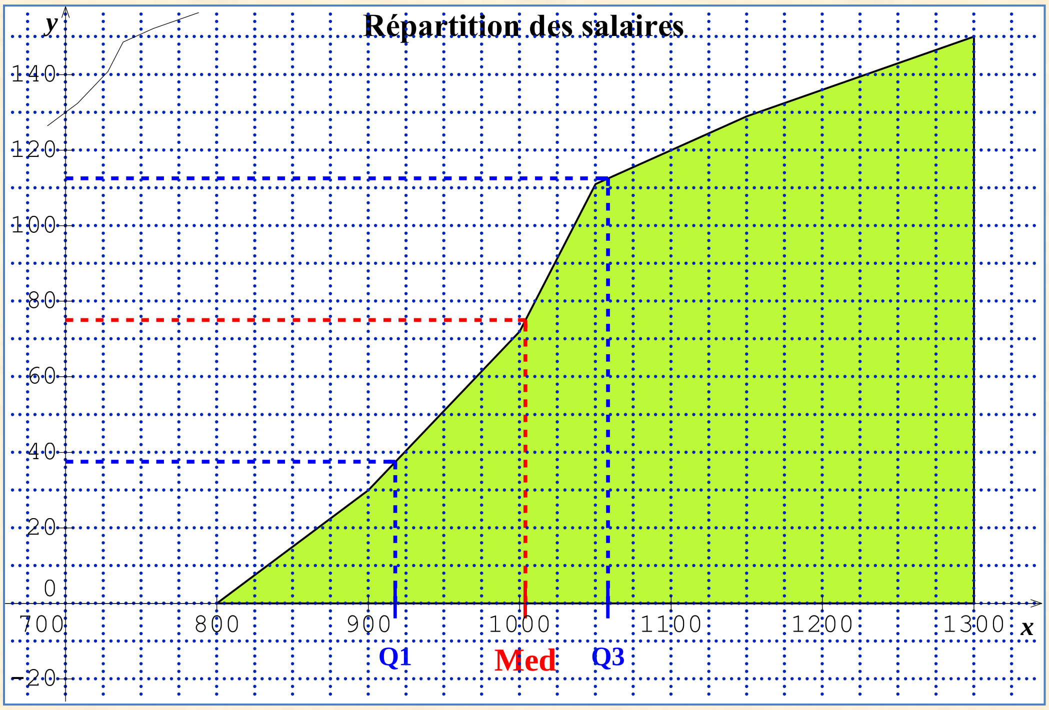


La même série représentée par un diagramme en boîte (sans les déciles puis avec):

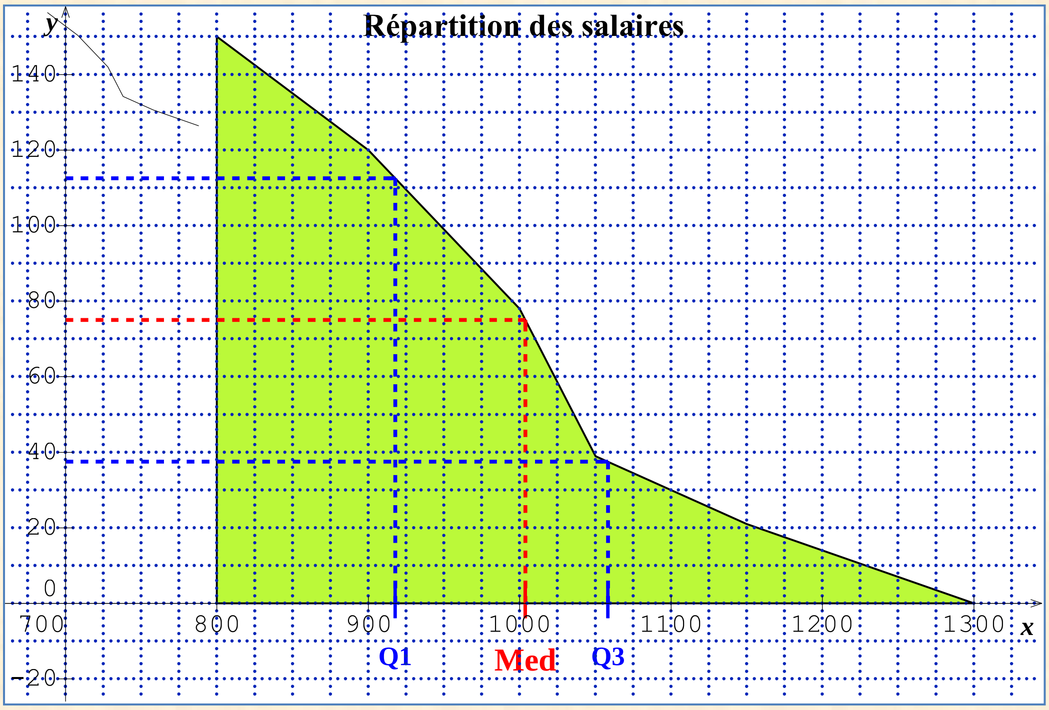




Enfin, toujours la même série sous la forme d'un diagramme des fréquences cumulées croissantes ou (et) décroissantes.



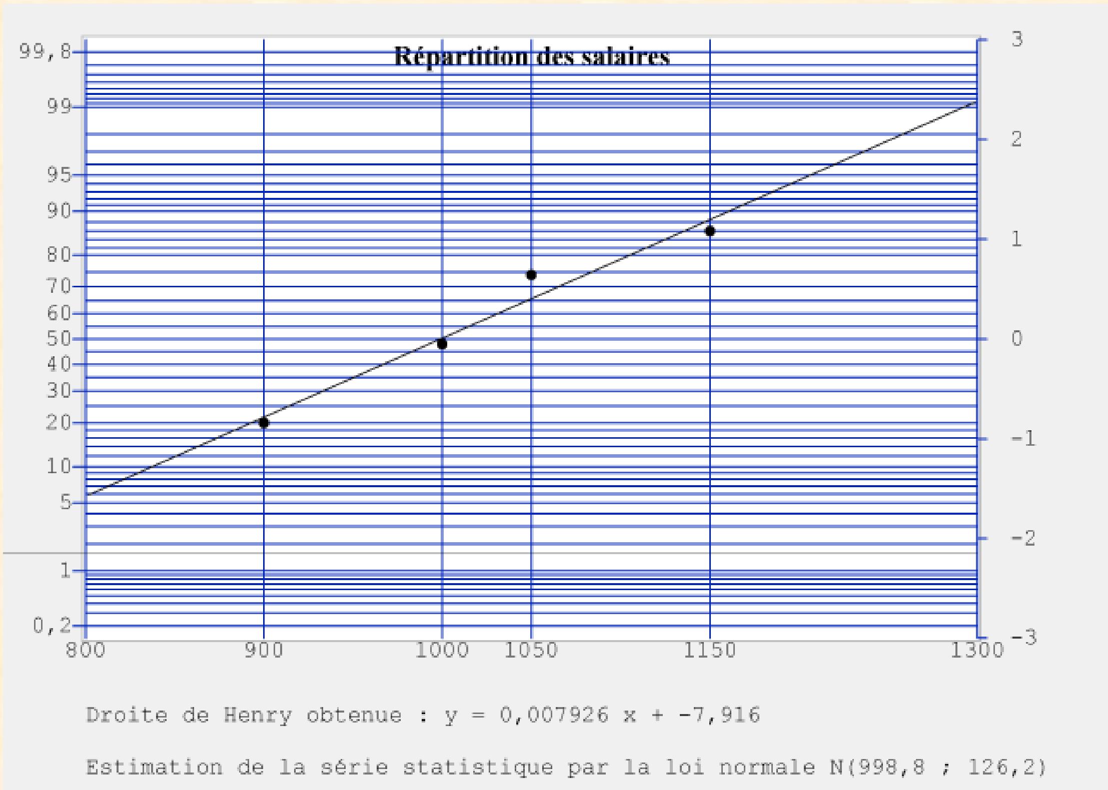
Le même graphique avec les fréquences cumulées décroissantes :



Le graphique montre les positions de quelques paramètres (D1 = 1er décile, Q1 = 1er quartile, Med = médiane, Q3 = 3ème quartile et D9 = 9ème décile). Il va de soi qu'il appartient à l'utilisateur de définir convenablement l'axe des abscisses afin d'obtenir un graphique exploitable. Pour cela, il faut éventuellement utiliser la commande (*Définir / Repère*).
Il est même possible d'avoir en même temps le polygone des fréquences cumulées croissantes et celui des fréquences cumulées décroissantes …

Droite de Henry

Cette droite permet de voir graphiquement si la série statistique est Gaussienne, c'est-à-dire si elle peut être approchée raisonnablement par une loi normale. Dans notre exemple, la répartition des salaires n'est pas conforme à une distribution gaussienne car les points ne sont pas alignés. Le quadrillage utilisé est un quadrillage spécial appelé "papier gausso-arithmétique" :

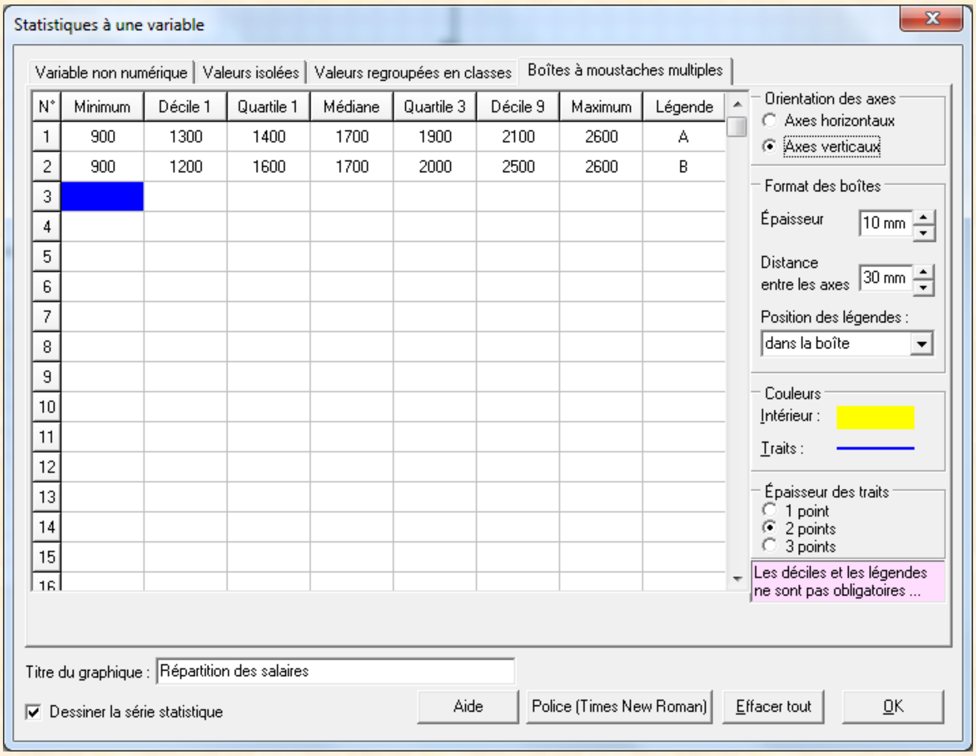


Boîtes à moustaches multiples

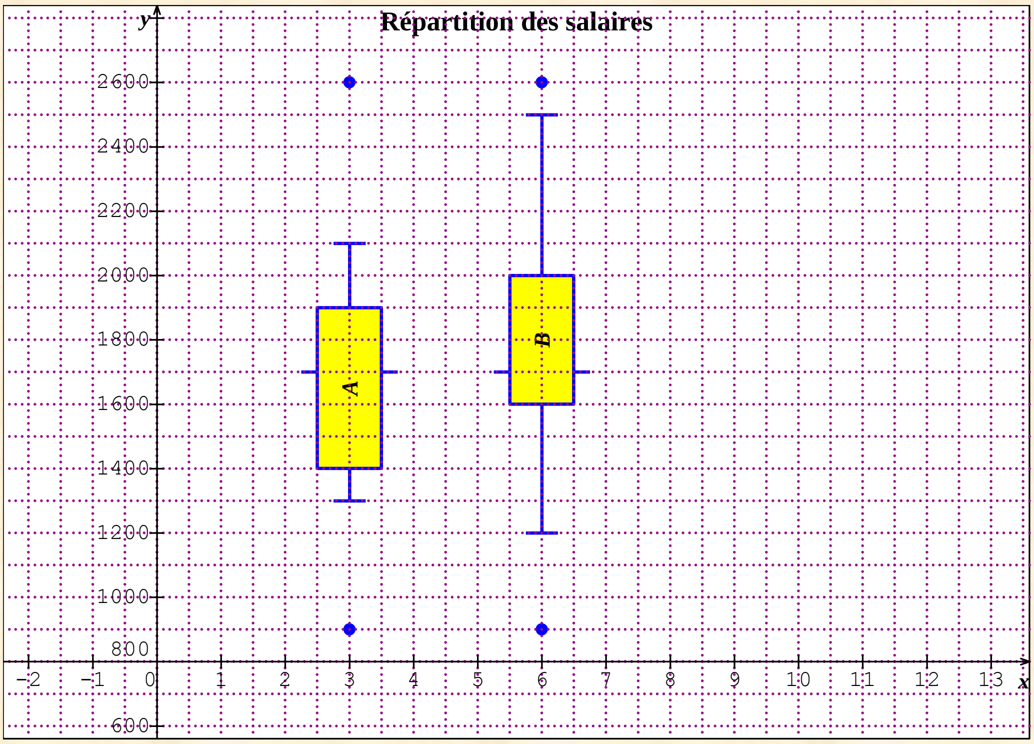
L'objet de cette commande est de permettre de dessiner, sur une même page, une série de diagrammes en boîtes. Ces diagrammes représentent chacun une série statistique. Ils permettent, en les mettant côte à côte, de faire des comparaisons visuelles entre les différentes séries statistiques.

Plutôt que de demander à l'utilisateur de saisir les séries statistiques exhaustives (ça devient vite très fastidieux), le logiciel ne requiert que les paramètres nécessaires à la construction des boîtes : les minima et maxima, les premier et troisième quartiles et, éventuellement, les premier et neuvième déciles ainsi qu'une légende pour chaque boîte. Ce logiciel n'est pas, au départ, un outil de calcul, mais un outil de dessin… C'est la raison pour laquelle, il ne nous a pas semblé utile de proposer la saisie complète des séries. On peut aussi utiliser des séries statistiques aléatoires (voir plus loin).

En cliquant sur l'onglet « Boîtes à moustaches multiples » on a accède à la page écran ci-contre :

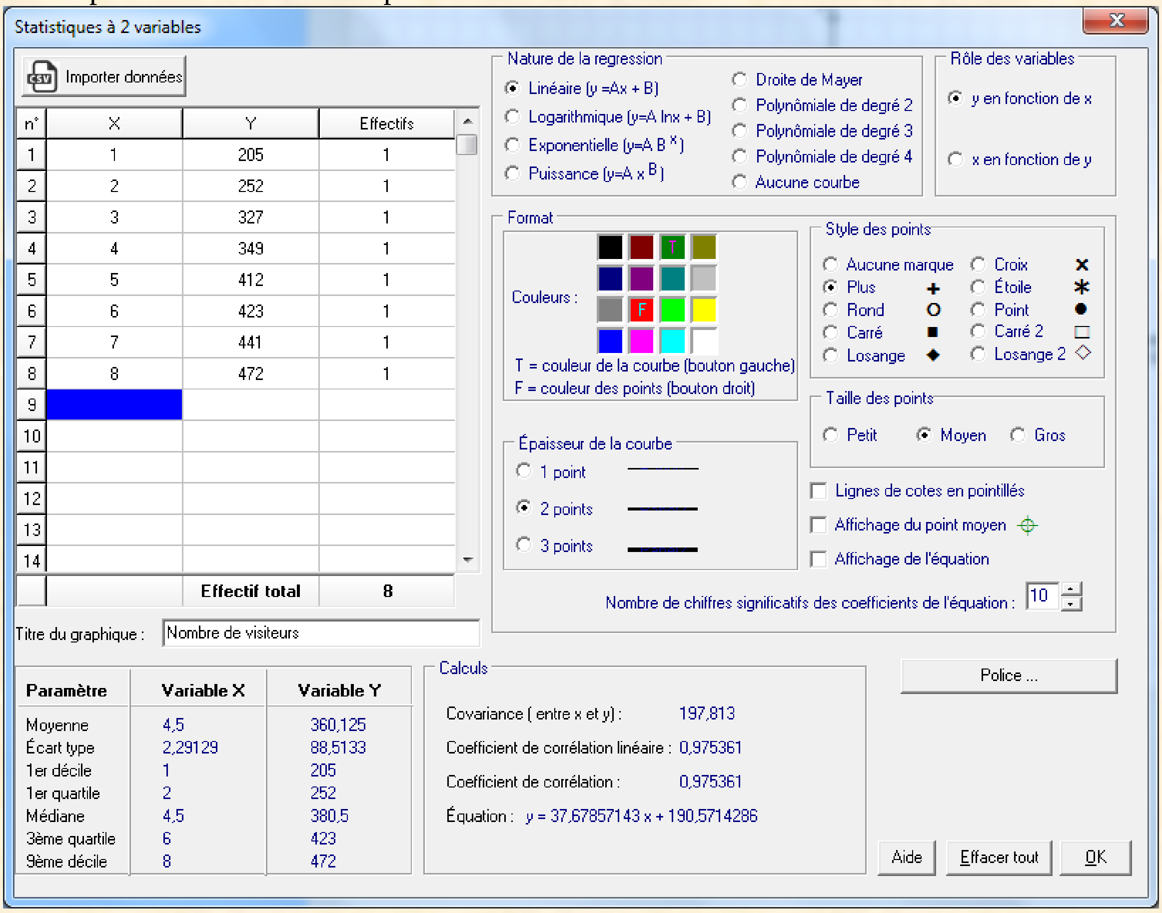


et voici le résultat obtenu :



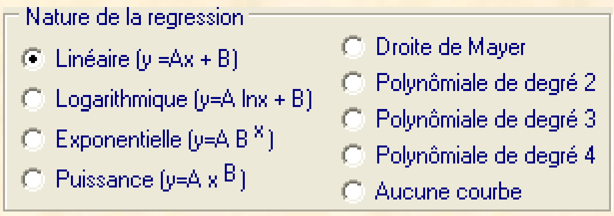
Séries statistiques à 2 variables

Les statistiques à 2 variables permettent l'étude conjointe de 2 caractères quantitatifs. La plupart du temps, il s'agit de déterminer s'il existe une relation entre les 2 caractères. Le logiciel propose de nombreuses possibilités comme on peut le voir ci-dessous :



Saisie des données :

La saisie des données dans le tableau se fait de gauche à droite, puis de haut en bas : il faut saisir les couples de points (x,y) un à un. On peut aussi les importer depuis un tableur. La colonne effectifs est remplie par défaut par des 1. Il est possible de saisir également le titre du graphique : celui-ci viendra s'afficher dans le dessin, en haut au milieu. Les calculs des paramètres du tableau sont réactualisés au fur et à mesure de la saisie.

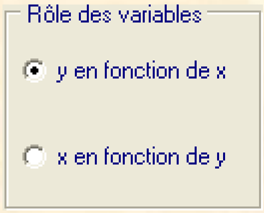


Nature de la régression :

Le logiciel propose un grand nombre d'ajustements graphiques :

- l'ajustement linéaire (plus exactement affine) : le nuage de points est ajusté par une droite de régression par la méthode des moindres carrés. Ceci n'est possible évidemment que si le tableau comporte au moins 2 points différents !
- l'ajustement logarithmique : le nuage de points est ajusté par une courbe dont l'équation est de la forme y = A ln$x$ +B. L'équation de la courbe est déterminée par la méthode des moindres carrés sur les couples (ln x, y). Là encore, le calcul n'est possible que s'il y a au moins 2 points et si les valeurs de x sont toutes positives…
- l'ajustement exponentiel : dans ce cas, le nuage de points est ajusté par une courbe dont l'équation est de la forme $y = A \,.\, B^x$. Cette équation est déterminée par la méthode des moindres carrés sur les couples (x, ln y). Il va sans dire que ce calcul ne peut se faire que s'il y a au moins 2 points et si les valeurs de y sont positives.
- l'ajustement par une fonction puissance : la courbe de régression a une équation de la forme : $y = Ax^B$. Les calculs se font encore par la méthode des moindres carrés sur les couples (ln x, ln y). Il faut qu'il y ait au moins 2 points et que les valeurs de x et de y soient toutes positives.

- l'ajustement par la méthode de Mayer : dans ce cas, il faudra préciser comment le nuage de points est séparé en 2 parties…
- l'ajustement par un polynôme du second degré : l'équation de la courbe de régression est de la forme $y = a\,x^2 + b\,x + c$. Les coefficients a, b, et c sont calculés par la méthode des moindres carrés. Cela signifie que la parabole est calculée de telle sorte que la somme des carrés des distances entre les points $(x_i\,,\,y_i)$ et leurs projetés (parallèlement à l'axe Oy) sur la parabole est minimale. Un tel ajustement n'est possible que si le tableau de données comporte au moins 3 points différents non alignés. Si le tableau comporte exactement 3 points, la parabole passe par les 3 points. Le coefficient de corrélation n'a plus de sens dans ce cas…
- l'ajustement par un polynôme du 3$^{\text{ème}}$ degré fonctionne de la même façon que le précédent mais il nécessite la présence d'au moins 4 points distincts non alignés et non situés sur une même parabole …
- l'ajustement par un polynôme du 4$^{\text{ème}}$ degré est analogue au précédent et nécessite la présence d'au moins 5 points.
- Enfin, il est possible de ne pas afficher de courbe de régression grâce au bouton « aucune courbe ». Ainsi il n'y a que le nuage de points.



Rôle de la variable
Il est très facile d'obtenir une régression de y en x ou de x en y. Il suffit pour cela de cliquer sur l'un des 2 boutons ci-contre :

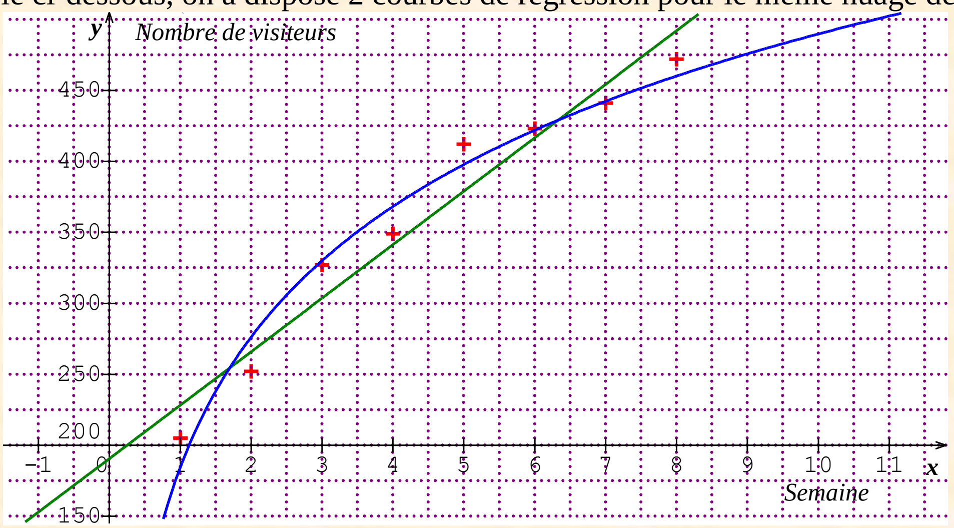
À défaut d'indication, l'équation de la courbe de régression donne y en fonction de x. Un simple clic sur le second bouton et tous les calculs sont refaits instantanément : les rôles des 2 variables sont complètement permutés.
Normalement, une seule courbe de régression est affichée à la fois mais il est possible de contourner cette difficulté. En effet, l'équation de la courbe de régression est enregistrée systématiquement dans la première des 10 courbes paramétrées.

S'il s'agit d'une équation de y en x ($y = f(x)$), alors on a : $\begin{cases} x_1(t) = t \\ y_1(t) = f(t) \end{cases}$

S'il s'agit d'une équation de x en y ($x = f(y)$), alors on a : $\begin{cases} x_1(t) = f(t) \\ y_1(t) = t \end{cases}$.

Si on change de nature de régression ou le rôle des variables, les nouvelles équations vont venir remplacer les précédentes. Pour conserver les équations précédentes il faut donc préalablement les recopier dans les zones de saisie de la seconde courbe paramétrée (ne pas oublier également de modifier les valeurs extrêmes du paramètre t qui sont par défaut $-\pi$ et $+\pi$…)

Dans l'exemple ci-dessous, on a disposé 2 courbes de régression pour le même nuage de points :



- La droite de régression de y en x d'équation $y \approx 37{,}67857x + 190{,}57$ (en vert)

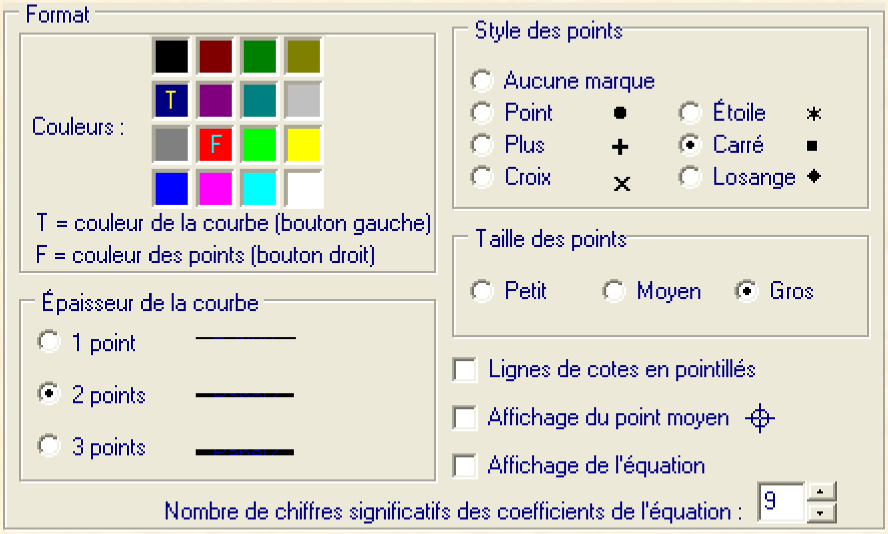
- La courbe d'ajustement logarithmique de y en x d'équation $y \approx 132{,}646\ln(x)+184{,}293$ (en bleu)

Remarque : dans l'exemple ci-dessus, l'ajustement logarithmique est meilleur que l'ajustement linéaire.

Format de la courbe et des points

À droite de la zone de saisie des données (x_i ,y_i), il existe une série de réglages :

- Couleur de la courbe et des points
- Épaisseur de la courbe
- Style des points
- Taille des points
- Affichage des lignes de cotes de chaque point, du point moyen ou de l'équation de la courbe de régression.

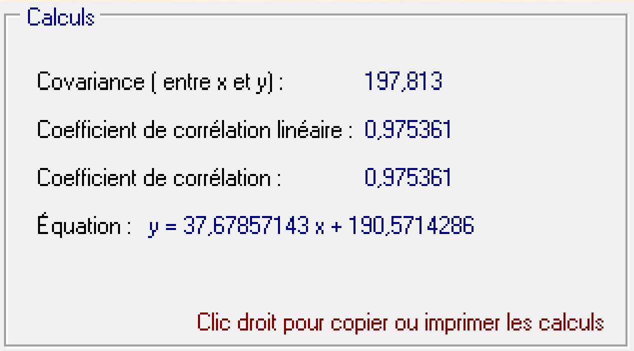


Si on veut obtenir une courbe de régression en pointillés (par exemple), il faut utiliser la commande *Définir/Courbe paramétrée* puis modifier le format de la première courbe…

Police de caractères :

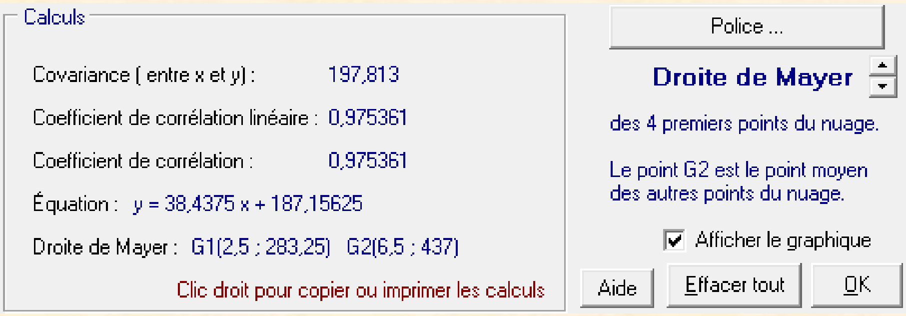
Le bouton « police » permet de choisir une police de caractères parmi les polices disponibles. Cette police agit sur l'affichage de l'équation et (ou) du titre du graphique.

Calculs de corrélation :

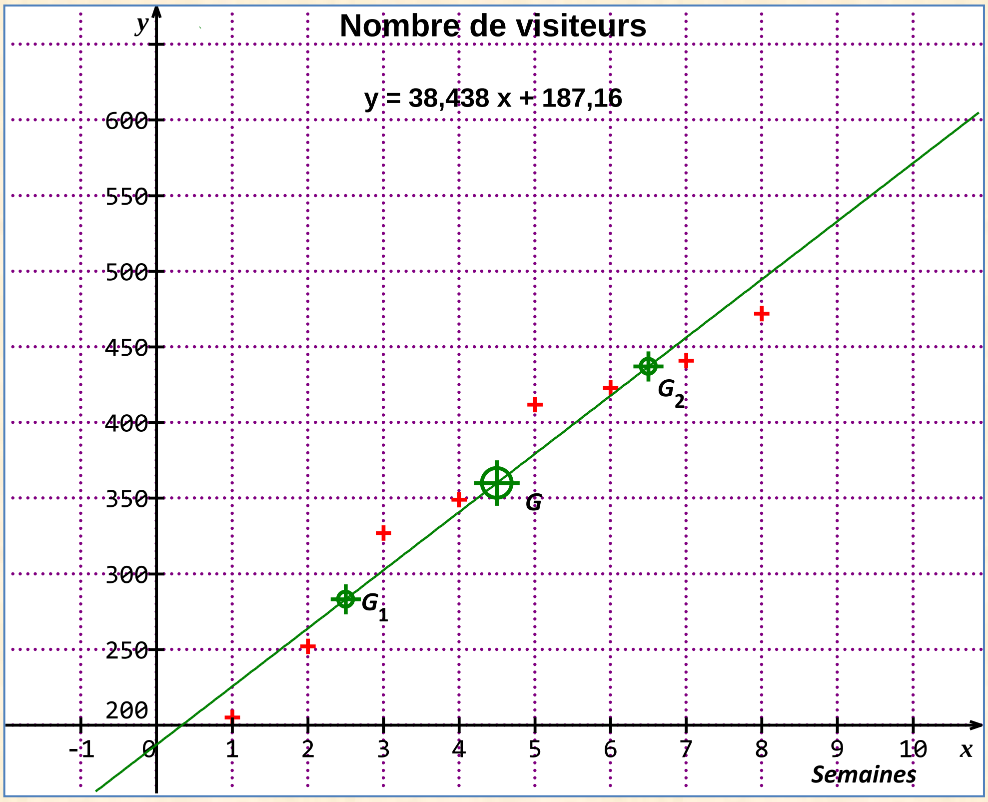


En bas de la fenêtre de saisie des données, on peut voir les calculs qui se modifient au fur et à mesure de la saisie. La covariance et le coefficient de corrélation linéaire sont calculés sur les variables x et y (la permutation des rôles des variables n'intervient pas ici). Par contre, le calcul du coefficient de corrélation correspond aux données corrigées en fonction de la nature de la courbe de régression (dans cet exemple, il s'agit du coefficient de corrélation *linéaire* calculé sur les couples (x_i, ln y_i)). Ce coefficient n'a pas de sens pour les régressions polynomiales de degré supérieur à 1.

Cas particulier : droite d'ajustement de Mayer



Cette méthode consiste à séparer le nuage de points en 2 parties. Pour chacun des 2 sous-nuages, on calcule le point moyen. La doite d'ajustement est alors la droite définie par ces 2 points moyens G_1 et G_2. Bien entendu, il existe plusieurs droites d'ajustement possibles selon la façon de séparer le nuage en 2. Ici, on suppose que les points sont définis dans un certain ordre, et l'utilisateur doit déterminer, en cliquant sur les 2 petites flèches, le nombre de points du premier nuage.



Probabilités

Sine qua non offre 4 commandes pour les probabilités. Ces 4 commandes correspondent aux 4 lois de probabilité principales qui figurent dans les programmes de BTS et de terminale.

Loi binomiale

La loi binomiale correspond au schéma de Bernoulli : l'expérience aléatoire consiste à répéter n fois la même épreuve pour laquelle 2 issues sont possibles (succès avec une probabilité p et échec avec une probabilité $1 - p$). On suppose évidemment que les n épreuves sont indépendantes. La variable aléatoire associée X correspond au nombre de succès obtenus au cours des n épreuves. On note cette loi $\mathscr{B}(n, p)$.

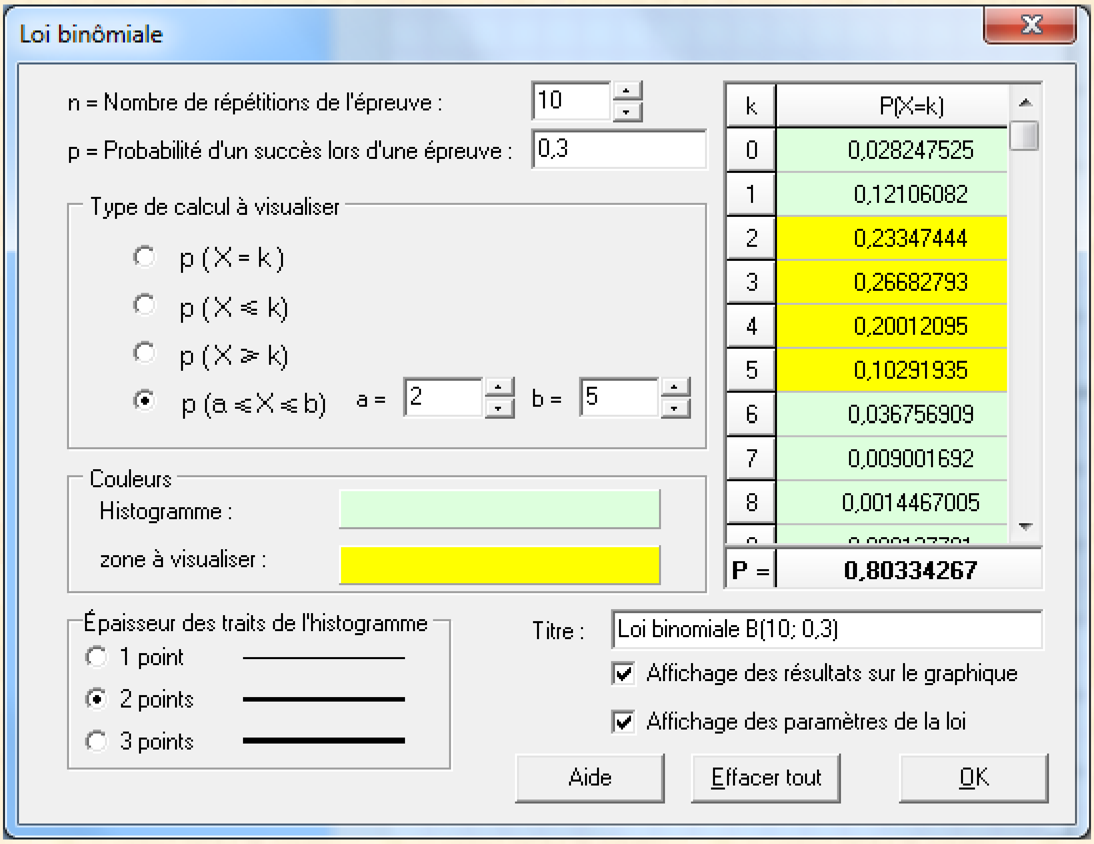
Pour définir une loi binomiale, il faut utiliser la commande *Définir/ Loi binomiale* ou appuyer sur le bouton .

Prenons par exemple la cas d'une expérience aléatoire qui consiste à répéter 10 fois la même épreuve (qu'on appelle épreuve de Bernoulli car elle n'a que 2 issues possibles) :

Pour chacune des 2 épreuves :

- la probabilité d'un succès est 0,3
- la probabilité d'un échec est donc 0,7 (forcément).

On veut déterminer la probabilité d'avoir entre 2 et 5 succès inclus…

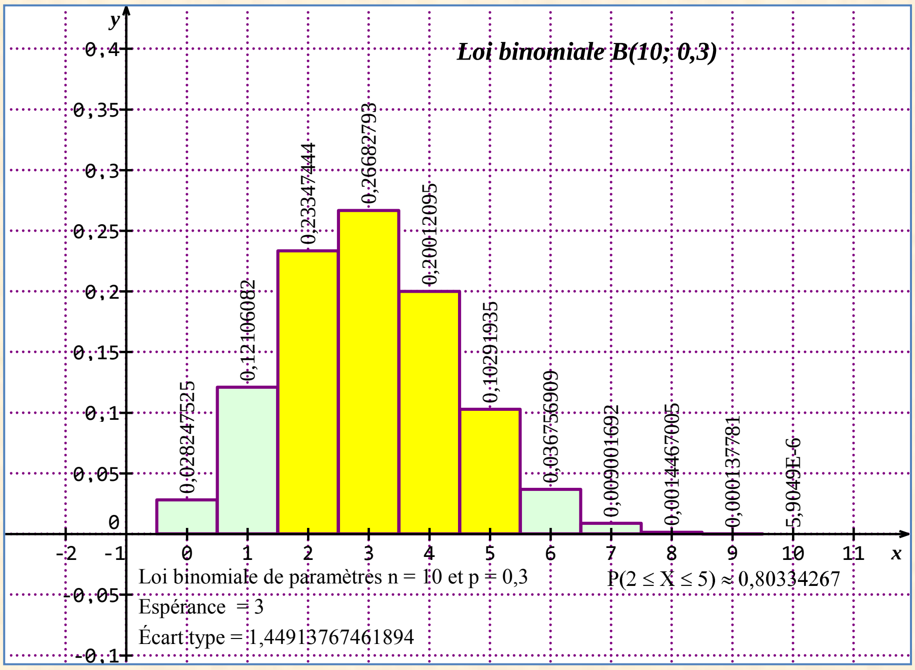


Les paramètres *n* et *p* de la loi peuvent être réglés par l'utilisateur. Le nombre *n* doit être un entier compris entre 1 et 100 (au-delà de 100, la loi binomiale peut être approchée de façon très satisfaisante par une loi normale). Le nombre *p* doit être compris strictement entre 0 et 1.

Le tableau de droite fournit les valeurs en temps réel (dès qu'on modifie *n* ou *p*).
4 types de calcul sont possibles :

- p ($X = k$)
- p ($X \leqslant k$)
- p ($X \geqslant k$)
- p ($a \leqslant X \leqslant b$). (dans ce dernier cas, l'utilisateur doit préciser *a* et *b*)

Voici alors le dessin obtenu dans cet exemple :



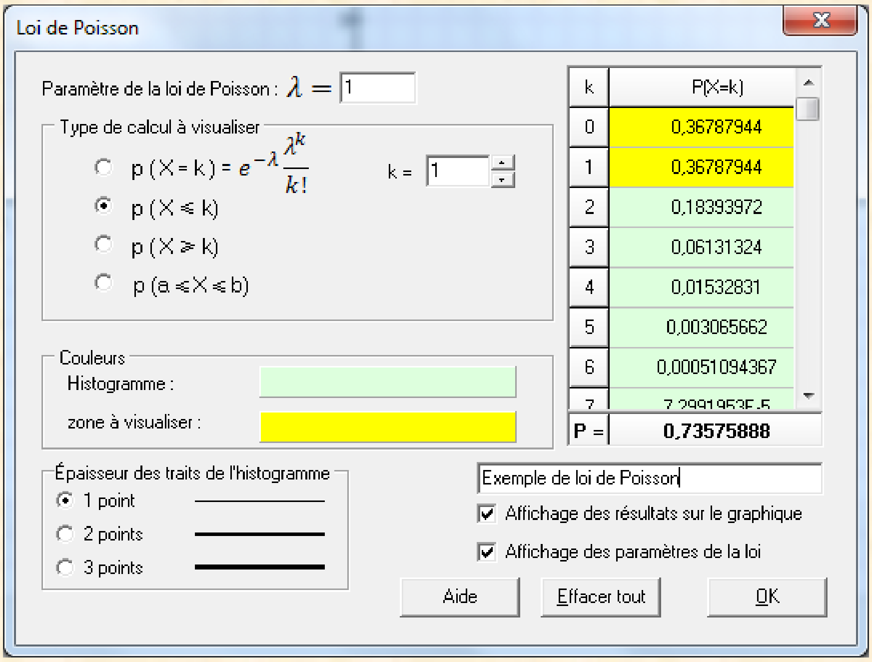
Loi de Poisson

La loi de Poisson s'utilise lorsque la réalisation d'un événement est très rare sur un grand nombre d'observations (anomalies de certaines productions, erreurs d'impression, présence de certains parasites…). Elle s'utilise également comme approximation de la loi binomiale $\mathscr{B}(n, p)$ lorsque $p<0{,}1$, $np(1-p)<10$ et $n>30$.
Elle n'utilise qu'un seul paramètre *m* et se note $\mathscr{P}(m)$.

Elle est définie par : $P(X = k) = e^{-m}\dfrac{m^k}{k!}$ pour tout entier naturel *k*.

Pour représenter graphiquement une loi de Poisson, il suffit de choisir *Définir / Loi de Poisson* ou de cliquer sur le bouton  .

On obtient la fenêtre :



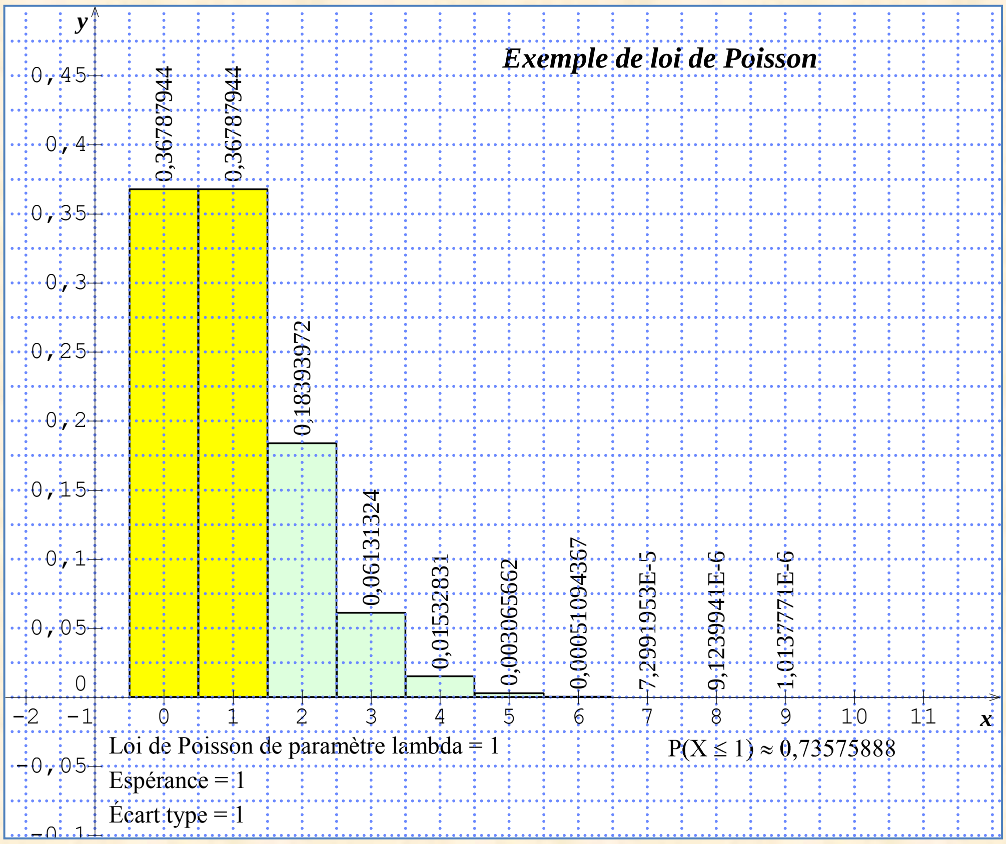
Le paramètre de la loi doit être un nombre réel strictement positif. Selon le type de calcul à visualiser, la zone colorée fera apparaître dans le tableau les valeurs de p(X=k) concernées. L'utilisateur peut définir, comme pour la loi binomiale, 2 couleurs :

- une couleur pour l'histogramme général
- une couleur pour visualiser le calcul particulier demandé.

Deux options sont proposées :

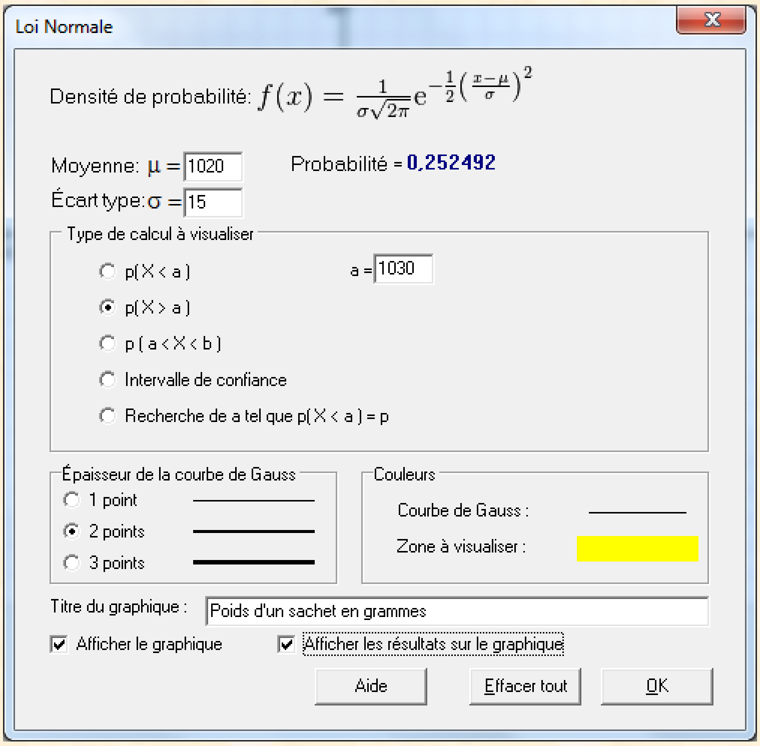
- Affichage des résultats sur le graphique
- Affichage des paramètres de la loi (moyenne *m* et écart type $\sqrt{m}$).

Ces 2 couleurs se retrouvent à la fois dans la table de la loi et sur le graphique qui en résulte :



Loi normale (ou loi de Laplace-Gauss)

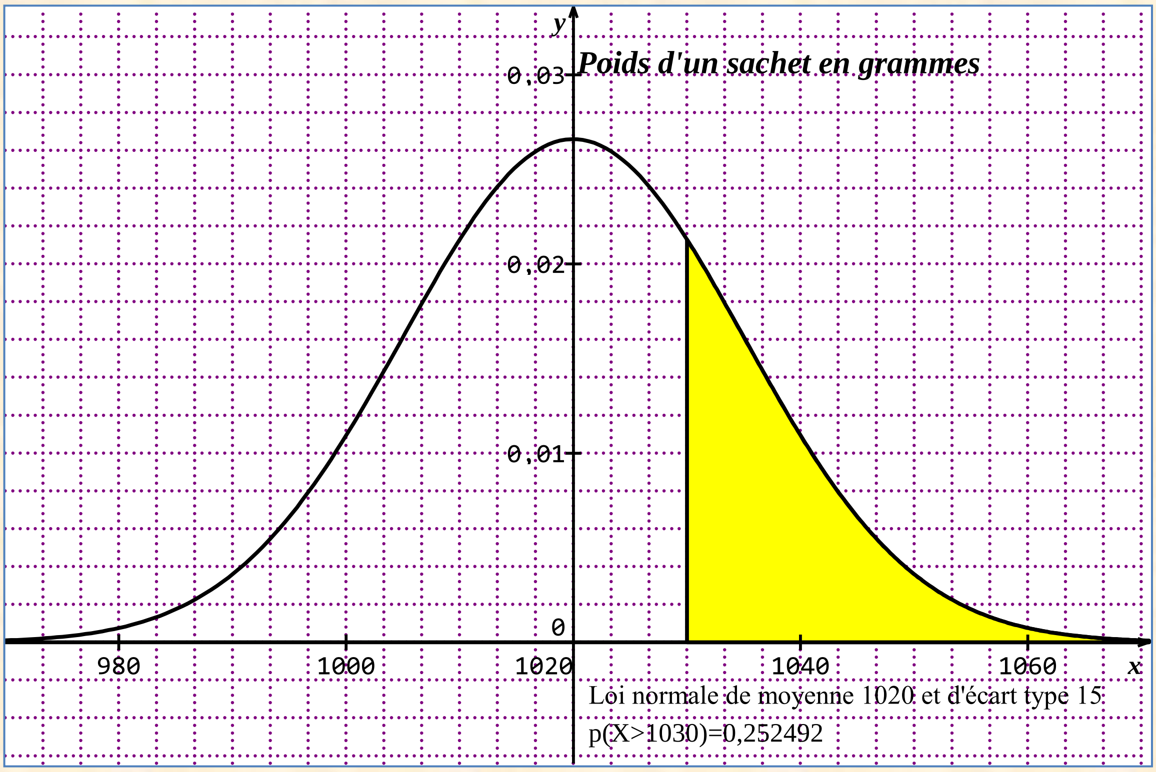
La loi normale représente une variable aléatoire continue (et non pas discrète comme les 2 lois précédentes). Sa densité de probabilité est définie par : $f(x) = \dfrac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2}$ où m (moyenne) et σ (écart type) sont les paramètres de la loi notée $\mathcal{N}(m, \sigma)$. On peut représenter graphiquement une telle loi par la fameuse « courbe en cloche ». La commande pour cela est *Définir / Loi normale* ou .



Prenons l'exemple d'une minoterie qui commercialise de la farine en sachets. On suppose que la variable aléatoire X qui mesure le poids d'un sachet en grammes suit la loi normale de moyenne 1020 et d'écart type 15. On veut savoir quelle est, dans ces conditions, la probabilité qu'un sachet pèse plus de 1030 g.

Il faut commencer par introduire les paramètres et les données du calcul dans la fenêtre de saisie :

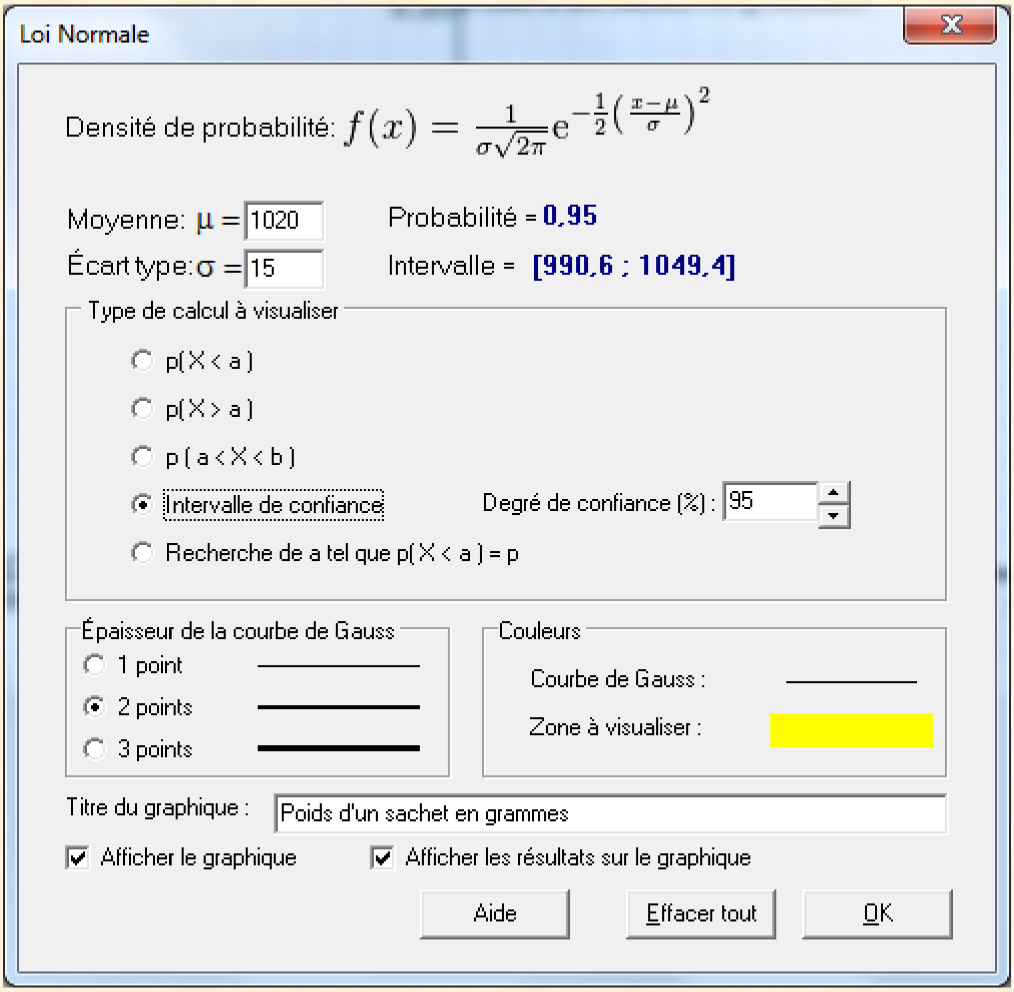
On obtient le résultat directement dans la fenêtre (ici prob(X>1030) $\approx$ 0,252492) et on peut visualiser le graphique :



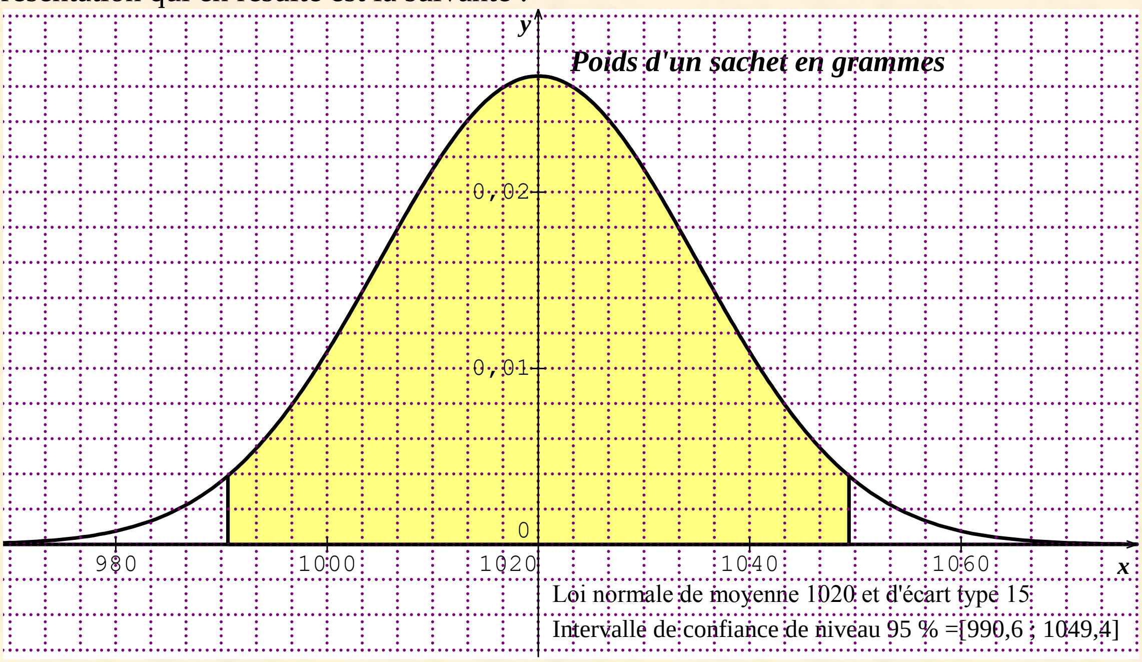
Remarque : il est parfois nécessaire de modifier les unités sur les axes.

Intervalle de confiance

On appelle ici intervalle de confiance de niveau p l'intervalle [m – a ; m + a] tel que $P(X \in [m-a\,;m+a]) = p$. Par exemple, l'intervalle de confiance de niveau 0,95 correspond à une probabilité de 95%.
Reprenons l'exemple précédent pour déterminer l'intervalle de confiance, centré sur la moyenne de niveau de confiance 0,95 :



La représentation qui en résulte est la suivante :



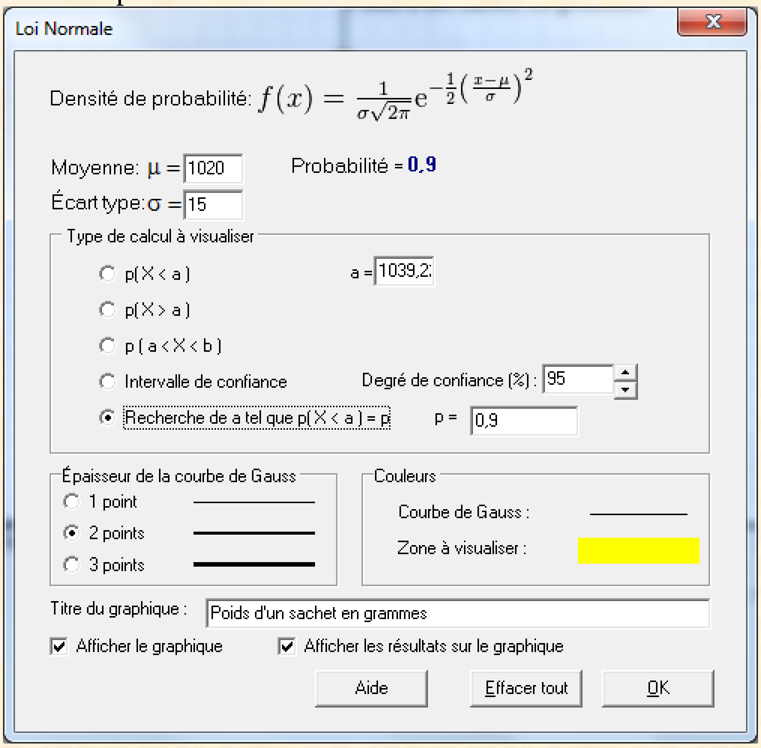
Fonction de répartition d'une loi normale

Autrefois, les candidats aux examens (BTS, DUT) étaient munis de tables numériques qui ne donnaient que la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite. Il fallait alors utiliser un changement de variable pour traiter les lois normales quelconques. Désormais, les étudiants peuvent se servir de leurs calculatrices pour obtenir directement les résultats d'une loi normale quelconque de moyenne m et d'écart type σ. Cette fonction est définie par :

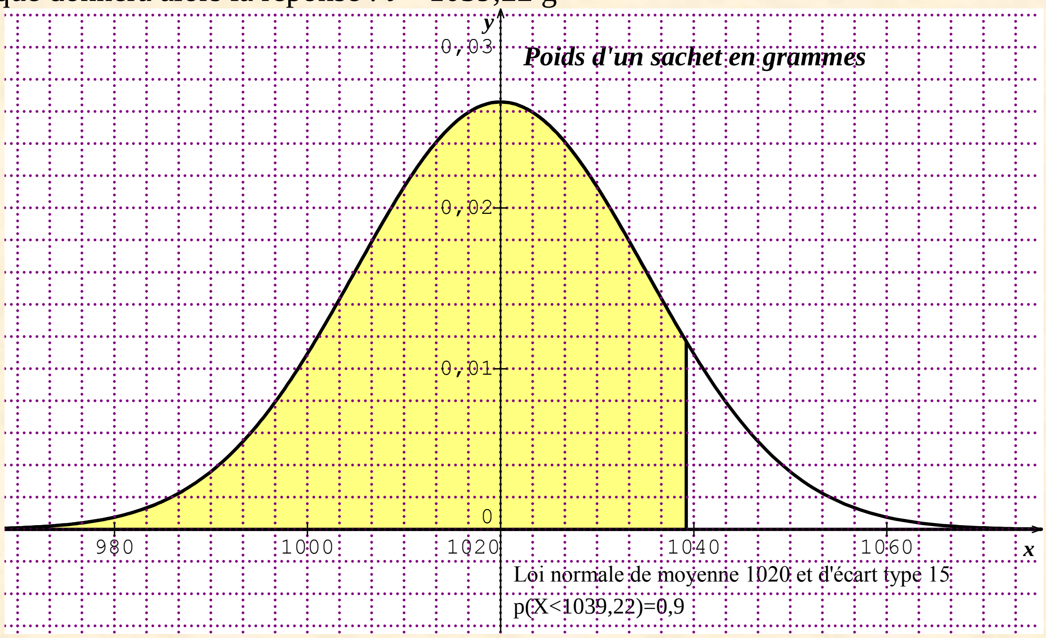
$$\Pi(t) = p(X < t) = \int_{-\infty}^{t} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2} \mathrm{d}x \ .$$

La lecture inverse de la table permet de déterminer t tel que $\Pi(t) = a$ où a est donné.

Dans notre exemple précédent, si on veut déterminer le poids maximum t d'un paquet de farine tel que 90% des paquets aient un poids inférieur à t on fera ceci :



Le graphique donnera alors la réponse : t = 1039,22 g



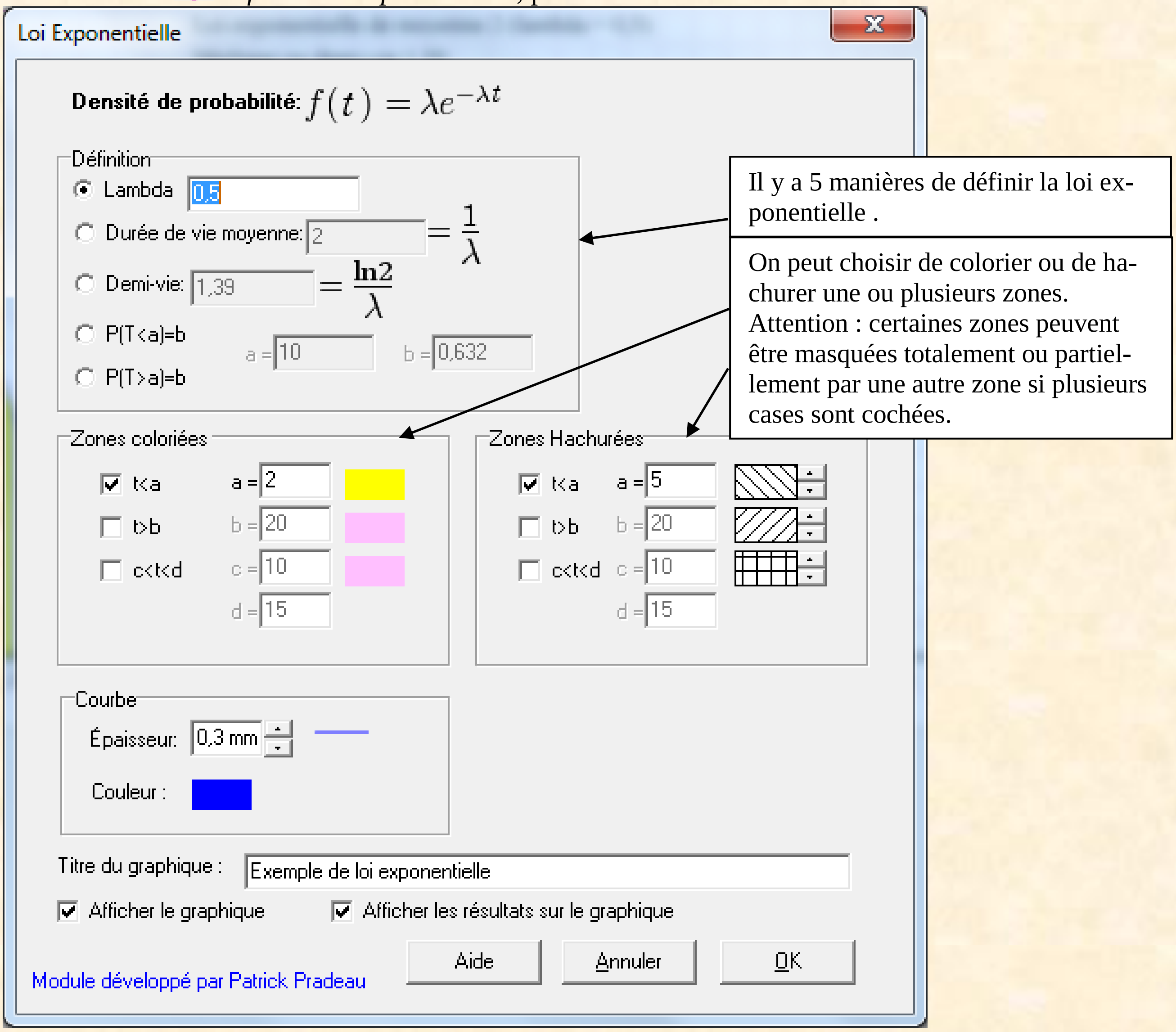
Loi exponentielle

Définition de la loi exponentielle

La loi exponentielle s'utilise principalement pour modéliser des phénomènes *sans mémoire*, ou *sans vieillissement* ou *sans usure*.
Une variable aléatoire X suit une loi exponentielle de paramètre λ lorsque sa densité de probabilité est la fonction f définie sur $[0 ; +\infty[$ par $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$.
Sa fonction de répartition est donc définie sur $[0 ; +\infty[$ par $F(x) = -e^{-\lambda x}$.
L'espérance mathématique, appelée ici "durée de vie", est donnée par $E(X) = \dfrac{1}{\lambda}$. Dans le cas d'utilisation de la loi exponentielle en radioactivité, le paramètre λ correspond à la constante de désintégration. La "demi-vie" est définie par $\dfrac{\ln 2}{\lambda}$ et correspond au temps nécessaire T pour que la population d'atomes radioactifs passe à 50% de sa population initiale.

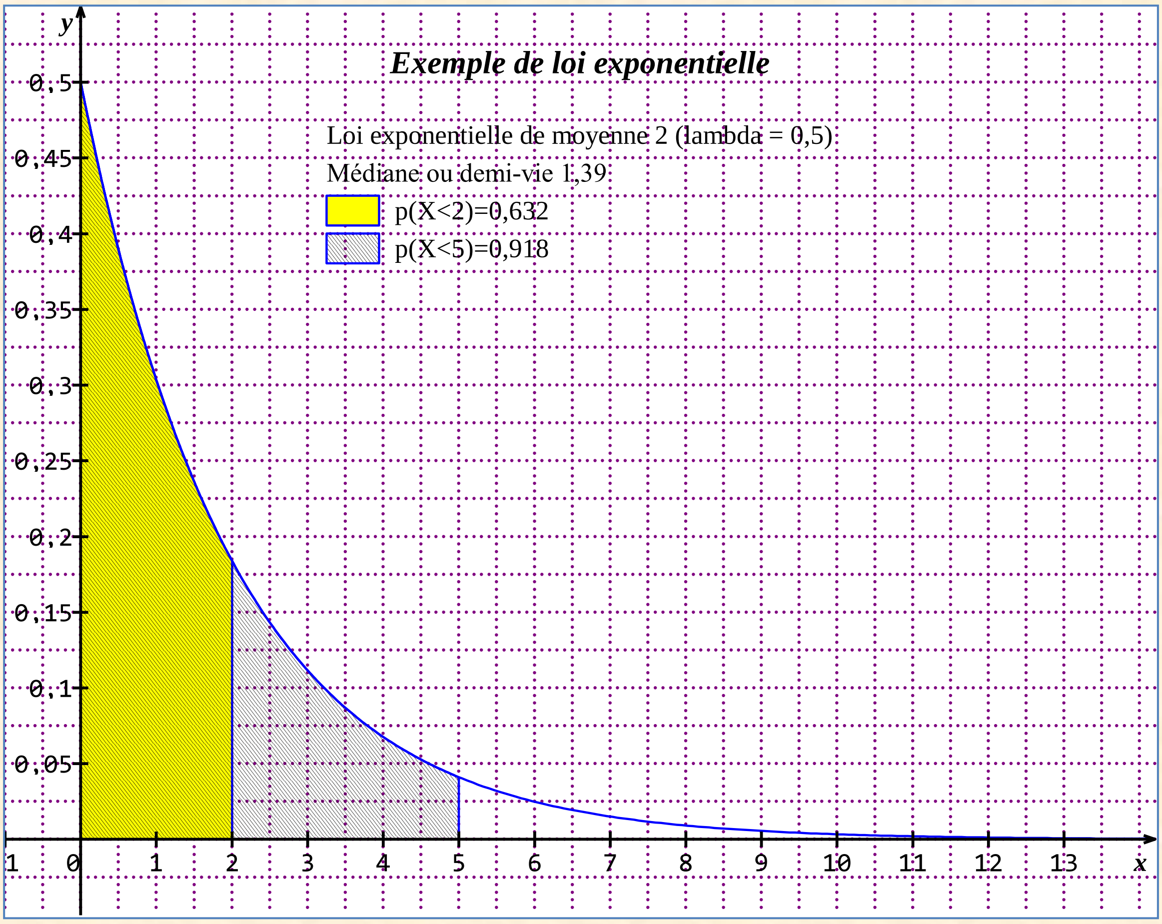
Exemples d'utilisation de la loi exponentielle

On veut calculer $p(X \leqslant 2)$, puis $p(1 \leqslant X \leqslant 3)$ où X suit une loi exponentielle de paramètre $\lambda = 0{,}5$.
La commande *Définir/Loi Exponentielle* , permet d'obtenir la fenêtre suivante :



L'appui sur la touche OK permet d'obtenir le graphique suivant :

Le repère est ajusté automatiquement en fonction du paramètre λ. On peut bien sûr le modifier manuellement comme d'habitude.



Arbres de probabilités

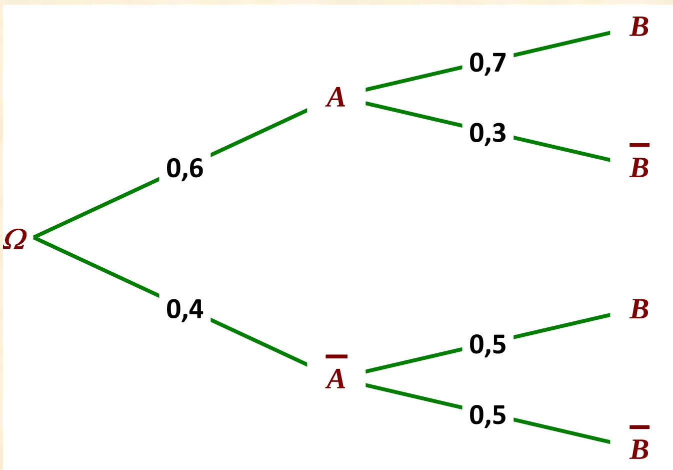
Présentation générale

Les logiciels mathématiques capables de dessiner des arbres de probabilités sont très rares. On peut citer Tree Diagram Generator (logiciel payant) et WxGéométrie (ou Géophar) de Nicolas Pourcelot (logiciel libre et gratuit). Cependant ce dernier demande un petit effort de prise en mains car la description de l'arbre se fait à l'aide d'une séquence d'instructions.
Confronté moi-même au besoin d'obtenir de beaux arbres de probabilités bien équilibrés (même pour les arbres asymétriques), il devenait nécessaire d'ajouter cette fonction au logiciel Sine qua non.

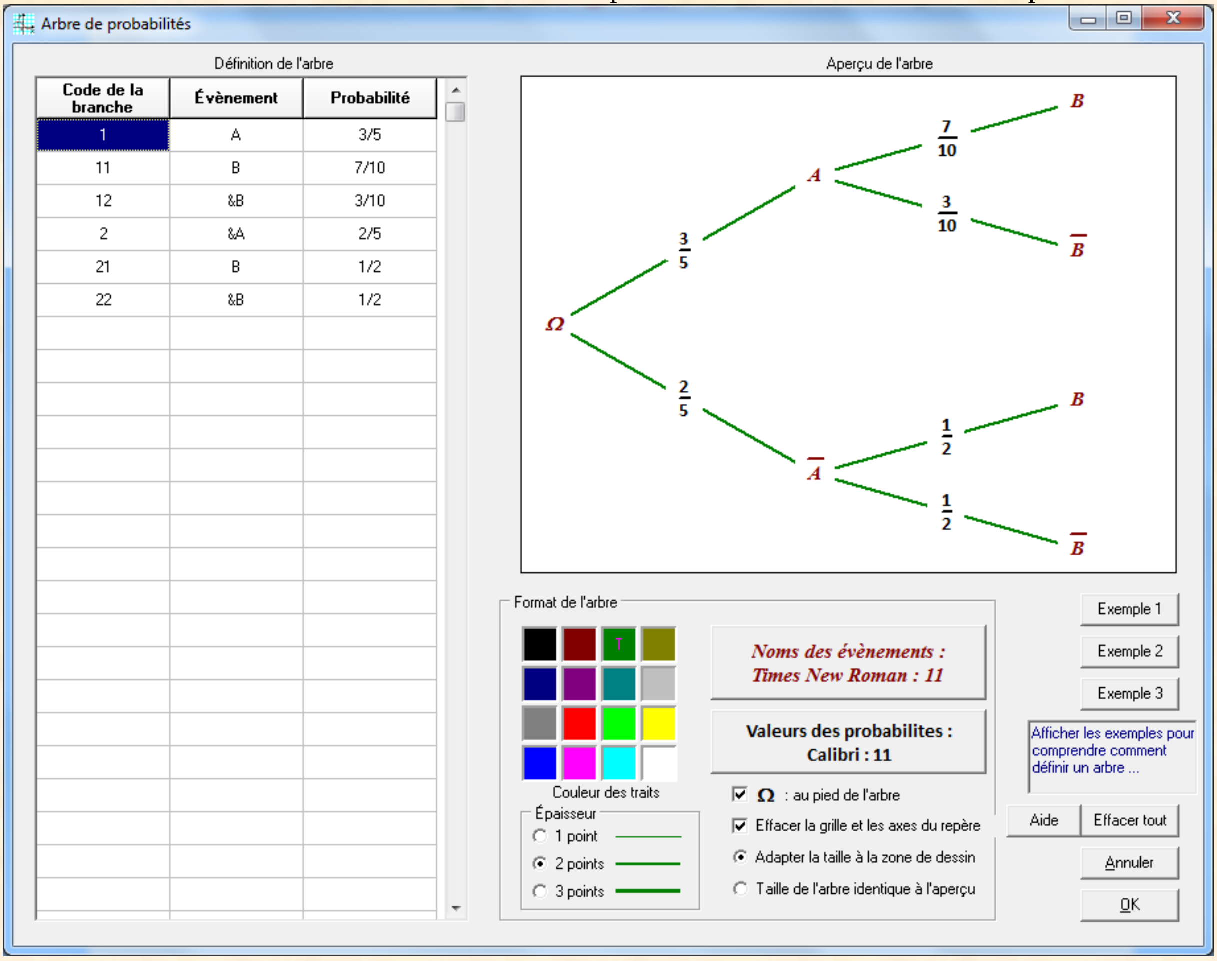
Exemples d'arbres de probabilités

Le logiciel fournit 3 exemples qui permettent de comprendre (sans même lire ce mode d'emploi) comment construire de tels arbres. Il faut utiliser la commande *Définir / Arbre de probabilités* ou cliquer sur le bouton .

Si aucun arbre n'a encore été défini, le logiciel propose automatiquement un premier exemple simple :



Cet exemple correspond au premier des 3 exemples prédéfinis dans le logiciel. Ces 3 exemples sont affichables en utilisant l'un des 3 boutons exemples comme on le voit dans la copie d'écran ci-après.



La grille de gauche contient la description de l'arbre (une ligne par branche).
On retrouve les paramètres habituels permettant de formater l'arbre (couleur et épaisseur des traits, choix de la police de caractères utilisés pour les noms des évènements ou les valeurs des probabilités). Quelques cases à cocher ou boutons radio complètent la description.

Saisie de la définition d'un arbre de probabilités

Il faut remplir la grille à raison d'une ligne par branche. Chaque ligne est composée de 3 éléments :

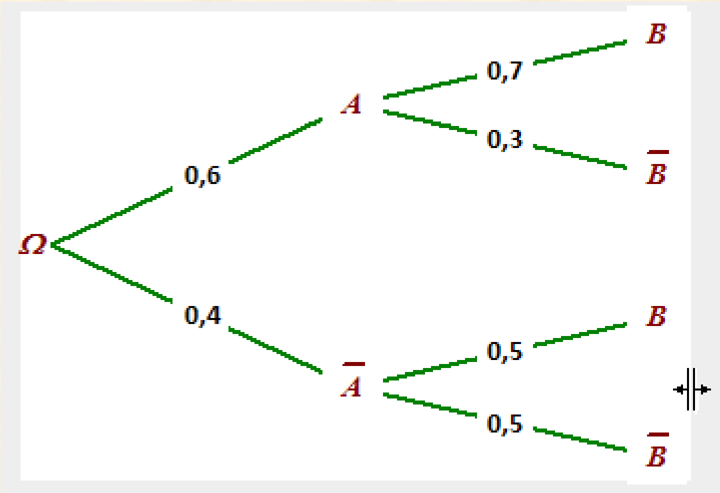
- Le code de la branche. Ce code est un nombre entier à un seul chiffre s'il s'agit d'une branche partant du pied de l'arbre (1, 2, 3 …). Il y a donc un maximum de 9 branches par nœud (de 1 à 9). Pour les branches de second niveau, le code est un entier à 2 chiffres, par exemple 32. Le premier chiffre, 3 dans notre exemple, indique qu'il s'agit d'une branche issue de la branche primaire 3. Le second chiffre (2 ici) indique que c'est la seconde branche issue de la branche 3. Ainsi une branche qui serait codée 341 serait la 1ère branche issue de la branche 34; la branche 34 étant elle-même la 4e branche issue de la branche 3. Dès qu'un nouveau code est tapé, le logiciel calcule sa position logique dans l'arbre de description et, le cas échéant, la ligne de saisie est déplacée.
- Le nom de l'évènement. Ce nom peut être un mot de plusieurs lettres ou chiffres. Si on veut surmonter le nom d'une barre horizontale, il faut commencer par la "lettre" &. Par exemple $\overline{A}$ s'obtient en tapant &A. On peut définir des noms à plusieurs lettres, par exemple *Gagné* ou $\overline{Gagné}$.
- La probabilité de l'évènement. Cette probabilité peut être un nombre décimal ou un texte quelconque (0,5 ou p ou $1-p$).

L'arbre est redessiné au fur et à mesure de la saisie, dans la fenêtre aperçu.

Format de l'arbre de probabilités

Le format de l'arbre propose un certain nombre de réglages :

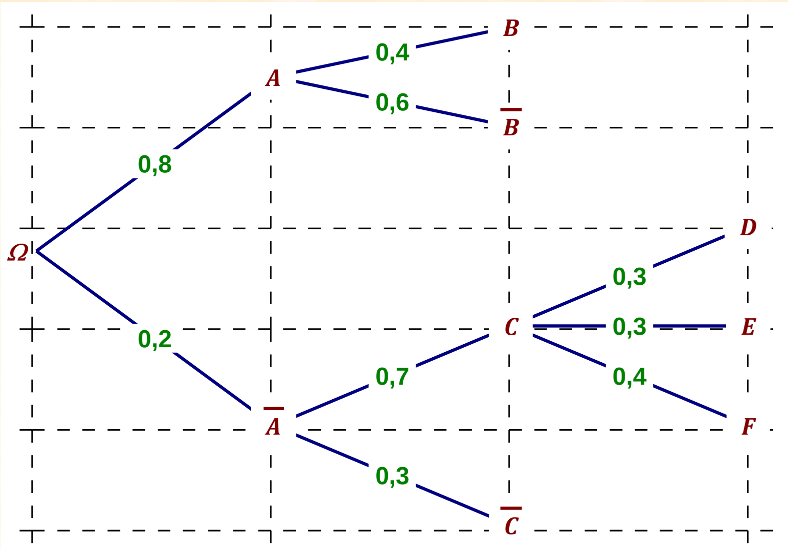
- Couleur des traits : il suffit de choisir l'une des 16 couleurs prédéfinies dans la grille.
- Épaisseur des traits : 3 boutons radio
- Police des noms des évènements : un bouton permet l'ouverture d'une boîte de dialogue.
- Police des valeurs des probabilités : idem.
- Case à cocher Ω : elle permet d'ajouter le symbole habituel désignant l'univers des possibles au pied de l'arbre
- Case à cocher : Effacer la grille et les axes du repère. Elle est cochée par défaut.
- Bouton radio : Adapter la taille à la zone de dessin. L'arbre va se dessiner en utilisant tout le rectangle de la zone de dessin à sa disposition. Il est possible alors, à la souris, de réduire ou d'agrandir ce rectangle en faisant glisser l'un des 4 côtés du rectangle (voir ci-contre).
- Bouton radio : taille de l'arbre identique à l'aperçu. Cette option permet d'ajouter des texte dans le rectangle de dessin au-dessus ou en-dessous, ou à droite de l'arbre…



Cas des arbres asymétriques

L'algorithme de construction de l'arbre est basé sur 2 éléments :

- Le nombre de niveaux. Chaque niveau dispose la même largeur.
- Le nombre de ramifications terminales. La hauteur du rectangle est répartie de façon égale pour chaque évènement terminal.
  Dans l'exemple ci-contre, il y a 3 niveaux (la largeur du rectangle est partagée en 3 parties égales) et 6 évènements terminaux (la hauteur du rectangle est donc distribuée en 6 lignes régulièrement espacées).



Simulations statistiques

Présentation générale

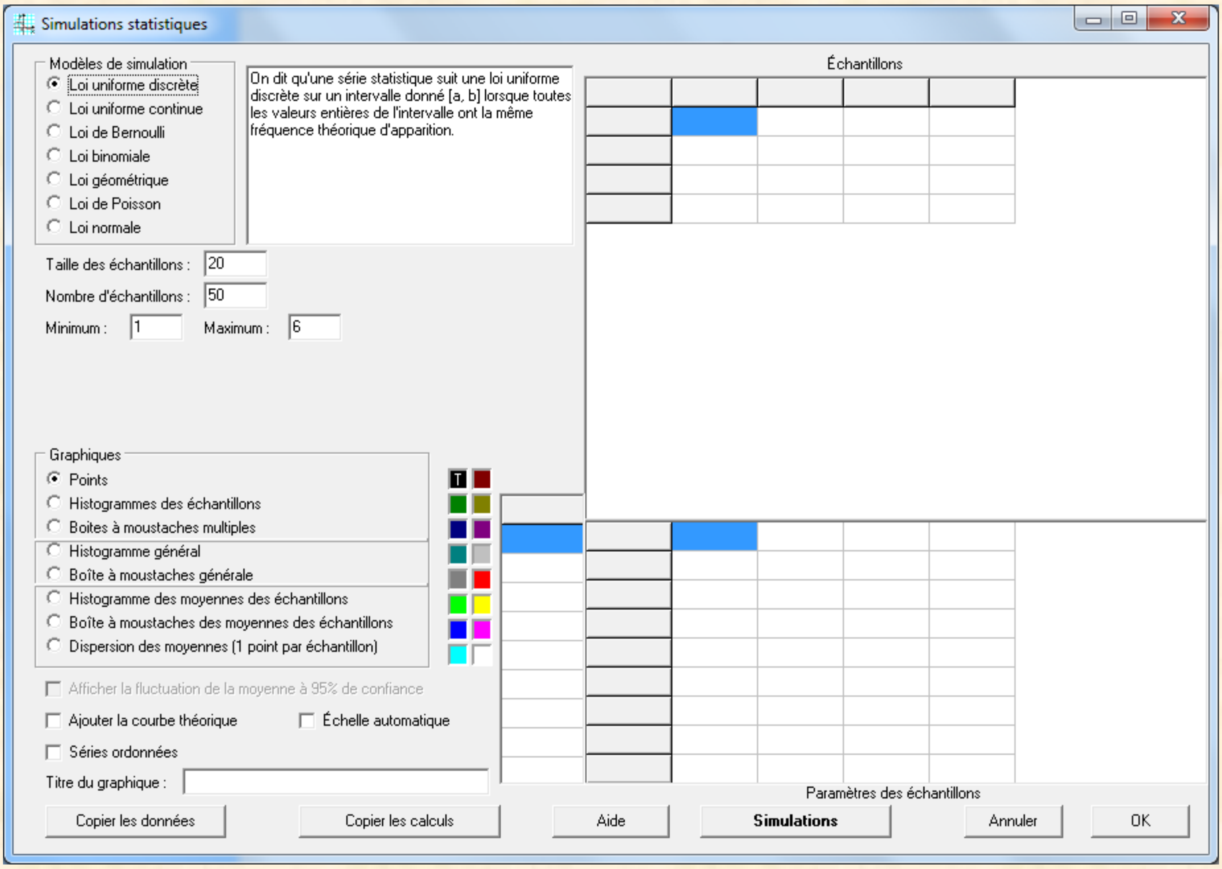
Depuis quelques années, les programmes de mathématiques des lycées ont introduit la notion d'échantillonnage. Il s'agit « de concevoir, mettre en œuvre et exploiter des simulations de situations concrètes à l'aide d'un tableur ou d'une calculatrice […] et d'exploiter et de faire une analyse critique d'un résultat d'échantillonnage ». Autant il est facile de concevoir sur une calculatrice la simulation de 50 lancers de dé, autant il est impossible d'obtenir 50 échantillons de taille 1000 pour cette expérience ! Par ailleurs certaines situations concrètes sont plus difficiles à simuler, en particulier pour des séries gaussiennes ou des séries qui suivent un modèle géométrique.

Sine qua non propose de fabriquer lui-même des séries statistiques aléatoires. Les tirages peuvent se faire suivant plusieurs modèles probabilistes. Avec ce nouvel outil, il devient facile de voir l'effet de la taille d'un échantillon sur l'écart type et la fluctuation des moyennes. Des graphiques adaptés à chaque situation peuvent être obtenus. Le logiciel propose même de définir automatiquement l'échelle des axes du repère pour visualiser directement le résultat.

Pour lancer une simulation statistique, il faut choisir la commande *Définir/Simulations …*


ou cliquer sur le bouton ad hoc dans la barre d'outils (le dé rouge).

On obtient l'écran suivant :



Dans cette fenêtre de saisie, il suffit de :

- choisir le modèle probabiliste associé à la simulation (7 choix possibles),
- définir la taille et le nombre d'échantillons à fabriquer,
- indiquer les paramètres nécessaires et spécifiques de chaque modèle (bornes de l'intervalle pour un modèle uniforme discret ou continu, moyenne et écart type pour des séries gaussiennes …),

- choisir le type de graphique à obtenir (points, histogrammes, diagrammes en boîtes, pour chacun des échantillons ou pour l'ensemble des tirages)
- ajouter éventuellement un titre, la courbe théorique, demander à ordonner les séries statistiques, laisser le logiciel choisir automatiquement son échelle…

Dès lors que les différents réglages sont effectués, on peut lancer la simulation en cliquant sur le bouton 

. Les tirages sont quasiment instantanés si la taille et le nombre d'échantillons demandés sont raisonnables. Par contre, pour une simulation de 1000 échantillons de taille 1000 suivant un modèle de Poisson (par exemple), avec une échelle automatique, mon ordinateur met environ 20 secondes pour faire les tirages et les calculs et ensuite près de 50 secondes pour afficher les 1000 histogrammes successifs ! Cela peut paraître long, mais il faut bien comprendre que cela représente quand même un million de tirages et pour chacun des 1000 échantillons, il faut calculer la moyenne, l'écart type, la médiane, les quartiles et les déciles extrêmes. D'ailleurs, pour calculer la médiane, les quartiles et les déciles, l'ordinateur est obligé de ranger en ordre croissant les 1000 résultats ce qui représente un travail inimaginable à la main … L'affichage des histogrammes des échantillons paraît moins long, paradoxalement, car on voit bouger l'histogramme au fur et à mesure qu'on passe d'un échantillon au suivant (plusieurs dizaines d'échantillons par seconde quand même).

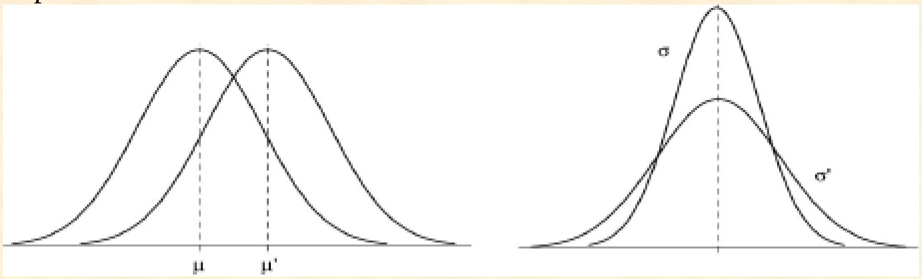
Principales lois statistiques simulées

Les tirages aléatoires peuvent se faire selon plusieurs modèles probabilistes :

- Loi uniforme discrète. C'est le cas par exemple de l'expérience qui consiste à lancer un dé à 6 faces où chacune des 6 faces a la même probabilité de sortie. Si on répète un grand nombre de fois cette épreuve, alors on aura une distribution statistique des résultats suivant une loi uniforme discrète : les valeurs 1, 2, 3, 4, 5 et 6 sortiront avec une fréquence proche de la valeur théorique $\frac{1}{6}$.
- Loi uniforme continue. On dit qu'une variable aléatoire suit une loi uniforme continue sur un intervalle $[a\,;b]$ lorsque la *densité de probabilité* est constante sur l'intervalle. Par exemple, la fonction *Ran* ou *Ran#* des calculatrices délivre un nombre aléatoire dans l'intervalle $]0\,;1[$ suivant une loi uniforme. La principale différence avec la loi précédente tient au fait que les valeurs obtenues peuvent être quelconques et pas seulement entières.
- Loi de Bernoulli. C'est une épreuve comportant 2 issues possibles (succès ou échec). Typiquement, lorsqu'on joue à pile ou face, on est dans cette situation. Si la pièce est équilibrée, alors il y aura, statistiquement, à peu près autant de "pile" que de "face". Les 2 issues n'ont pas toujours la même probabilité. Le logiciel Sine qua non utilise les valeurs 0 (échec) et 1 (succès).
- Loi binomiale. Par exemple on tire successivement 10 cartes dans un jeu de 32 et on veut savoir combien de fois on aura un cœur. Pour chaque carte tirée, on note sa couleur et on la remet dans le paquet avant de faire le tirage suivant. La variable qui compte le nombre de cœurs obtenus à la fin des 10 tirages suit la loi binomiale $\mathscr{B}(10\,;0{,}25)$, car pour chaque carte tirée, la probabilité d'un succès est de 1 chance sur 4 (0,25). Le nombre de cœurs tirés varie de 0 à 10. Donc si on demande de faire une simulation donnant 50 échantillons de taille 100 suivant la loi binomiale, l'ordinateur va faire 5000 fois l'expérience conduisant à un résultat compris entre 0 et 10.
- Loi géométrique. Elle donne le nombre de répétitions nécessaires d'une épreuve de Bernoulli pour obtenir le premier succès. Pour reprendre l'exemple précédent (la carte tirée est un cœur ou non), le nombre de tirages minimum est 1 (on peut tirer un cœur dès la première carte) mais, en théorie, il n'y a pas de valeur maximale : si on n'a vraiment pas de chance, il faudra peut-être tirer 50 fois une carte avant d'obtenir un cœur !
- Loi de Poisson. Une variable aléatoire X suit une loi de Poisson de paramètre λ lorsque l'on a : $p(X=k)=\mathrm{e}^{-\lambda}\times\frac{\lambda^k}{k!}$. Le nombre k peut aller de 0 à l'infini, mais concrètement, comme

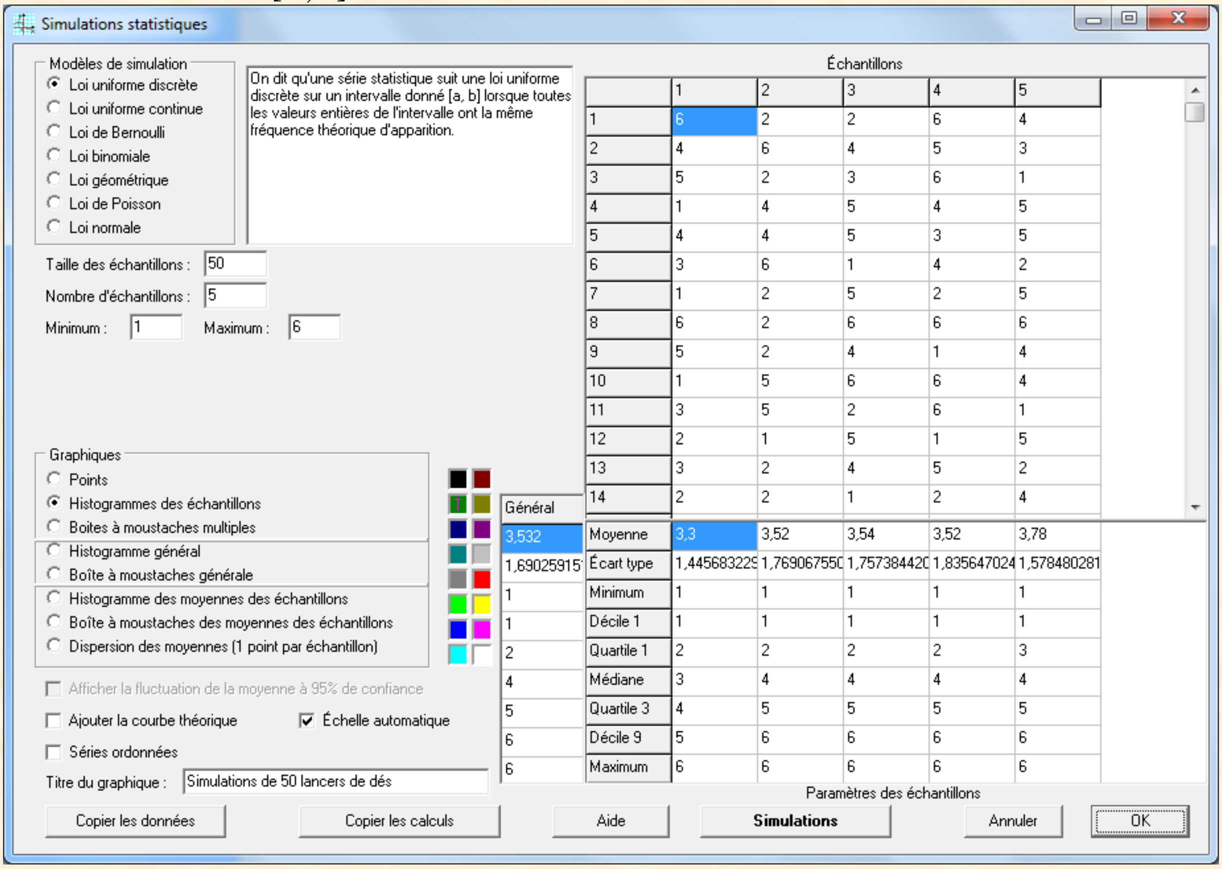
pour une loi géométrique, les valeurs de k deviennent vite absentes dès que k dépasse un certain seuil. Le paramètre λ est un nombre réel strictement positif. Il correspond à l'espérance de la loi de Poisson.

- Loi normale (ou loi de Laplace-Gauss). C'est certainement la loi la plus utilisée pour modéliser des séries statistiques. En particulier elle permet d'approcher la loi binomiale lorsque le nombre de répétitions devient très grand. Une distribution normale se traduit par une courbe caractéristique en forme de cloche. Cette courbe présente une symétrie par rapport à une valeur centrale qui est la moyenne μ. L'écart type quand à lui, permet d'obtenir une courbe plus ou moins "aplatie" :



Séries uniformes discrètes

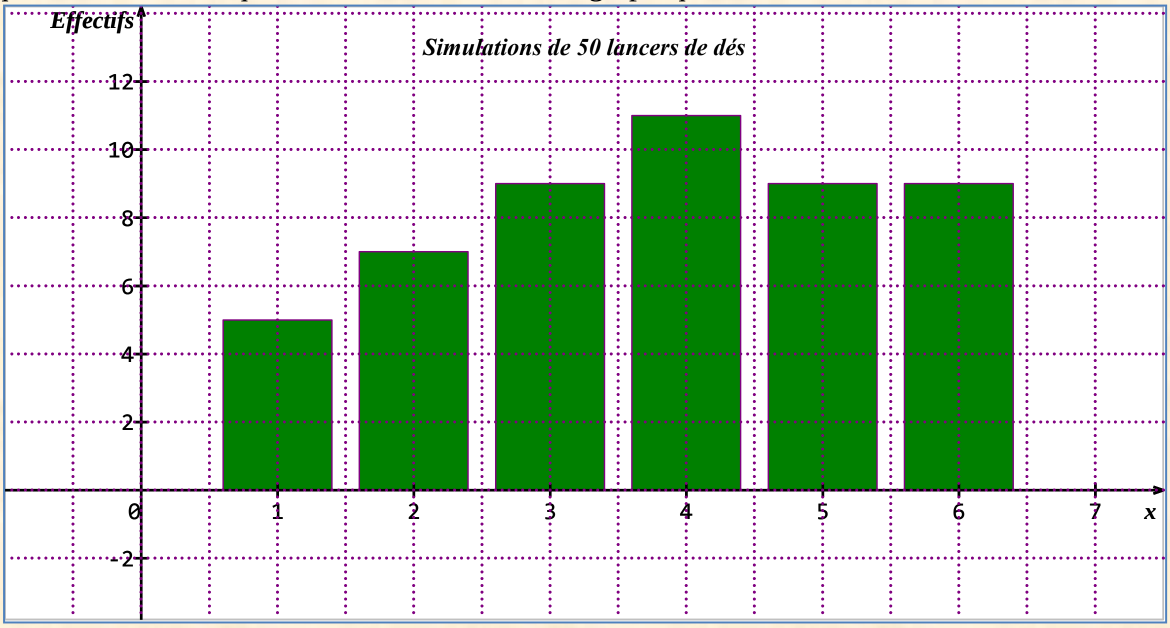
Exemple : on lance au hasard un dé à 6 faces. S'il y a équiprobabilité de sortie de chacune des 6 faces, alors on peut simuler, par exemple, 5 séries de 50 lancers de dé en utilisant la loi uniforme discrète sur l'intervalle [1 ; 6] :



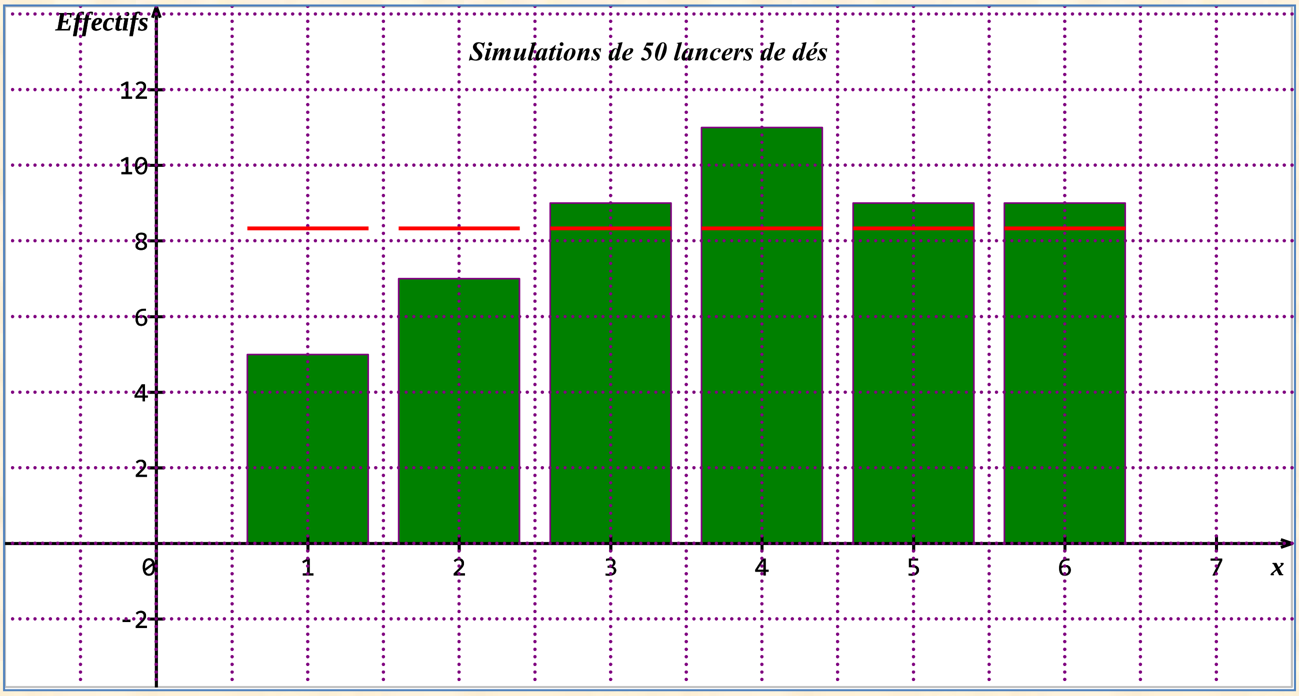
On peut voir ci-dessus les différents réglages :

- modèle de simulation : loi uniforme discrète
- taille des échantillons : 50
- nombre d'échantillons : 5
- minimum : 1; maximum : 6
- échelle automatique (pour les axes du repère)
- graphique : histogrammes des échantillons.

En cliquant sur le bouton "Simulations", la grille des échantillons se remplit de nombres entiers compris entre 1 et 6. Chacune des 5 colonnes contient un échantillon de 50 nombres. Sous cette grille, les calculs des paramètres pour chacun des 5 échantillons sont également affichés. Enfin, à gauche, la grille générale affiche les paramètres calculés sur l'ensemble des 250 lancers.
Les données (grille contenant les 5 échantillons) peuvent être exportées vers un tableur en cliquant sur le bouton "Copier les données". De même, on peut exporter les résultats calculés vers un tableur en cliquant sur le bouton "Copier les calculs".
Lorsque la case "Séries ordonnées" est cochée, alors les 5 colonnes de données rangées en ordre croissant.
Lorsqu'on valide en cliquant sur OK, on obtient le graphique suivant :



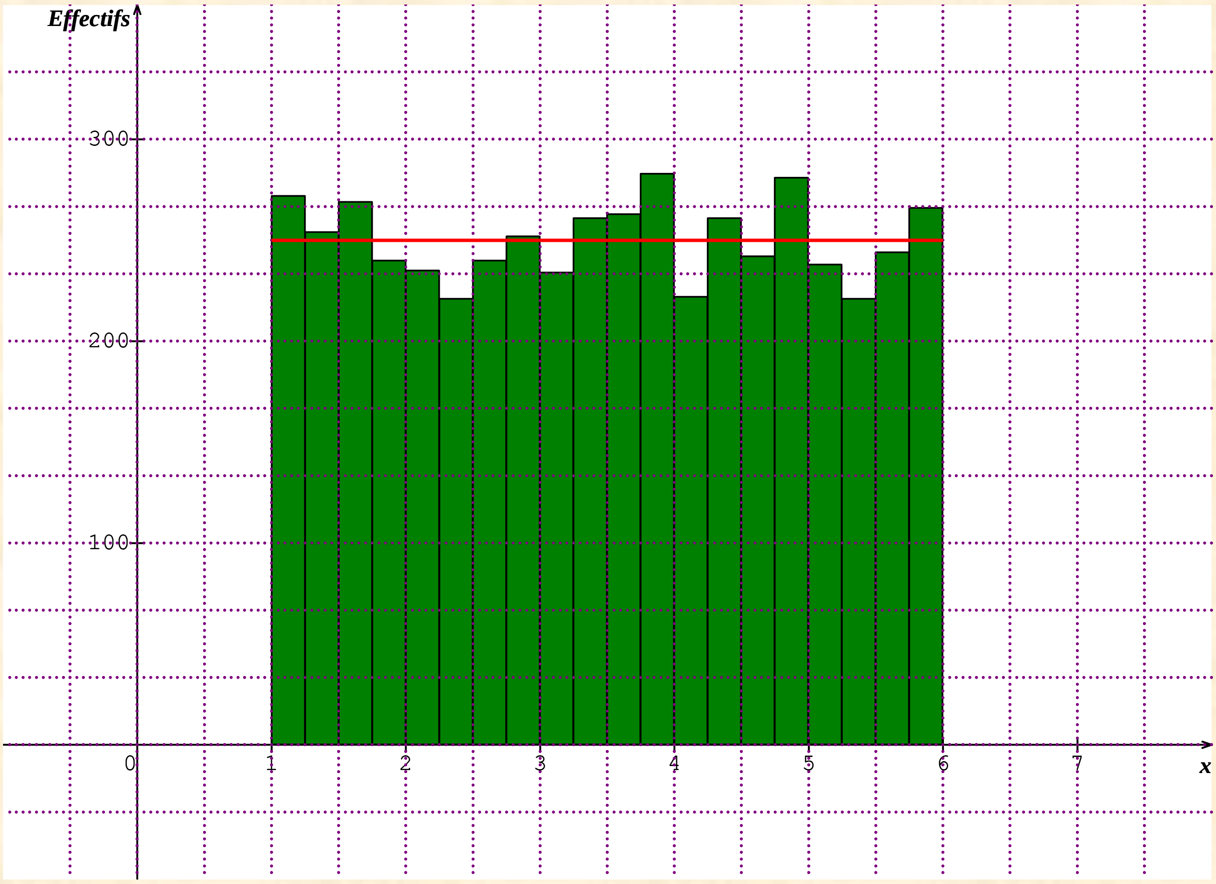
En réalité, ce sont les 5 histogrammes qui défilent à toute vitesse. Celui que nous voyons ci-dessus correspond à l'histogramme du 5e échantillon. Dans cet exemple, nous voyons que le 4 est surreprésenté alors que les effectifs du 1 et du 2 sont faibles. Si on avait coché la case "Ajouter la courbe théorique", on aurait obtenu :



On voit que la moyenne théorique est uniforme et égale à $\frac{50}{6} \approx 8{,}33$.

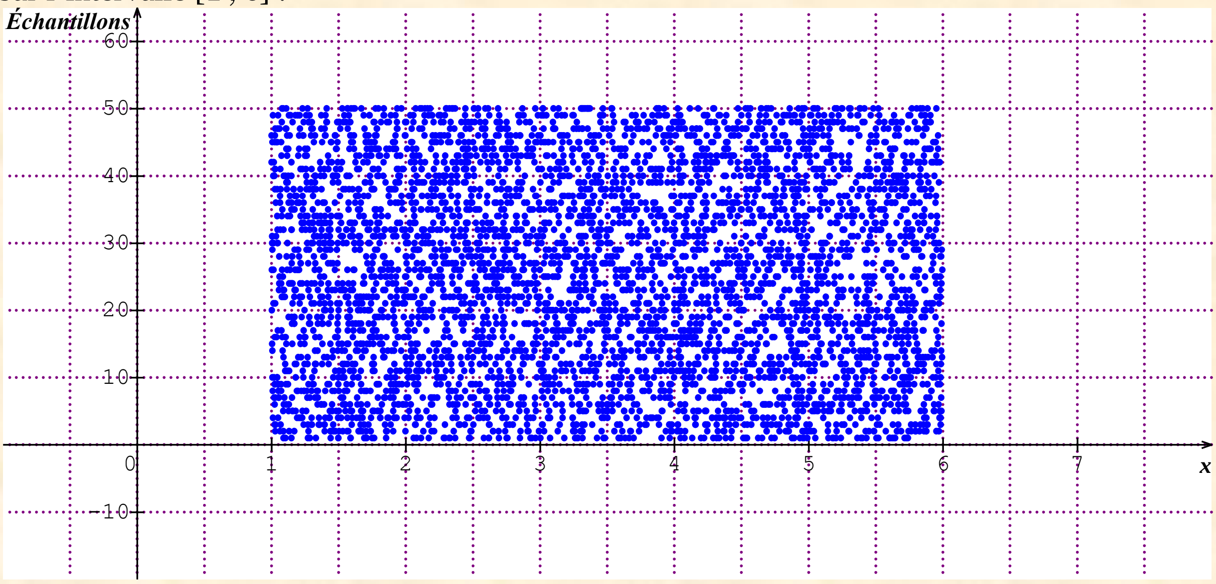
Séries uniformes continues

Avec une série uniforme, toutes les valeurs de l'intervalle sont possibles. Voici un exemple avec un seul échantillon de taille 5000 simulant la loi uniforme sur l'intervalle [1 ; 6] :

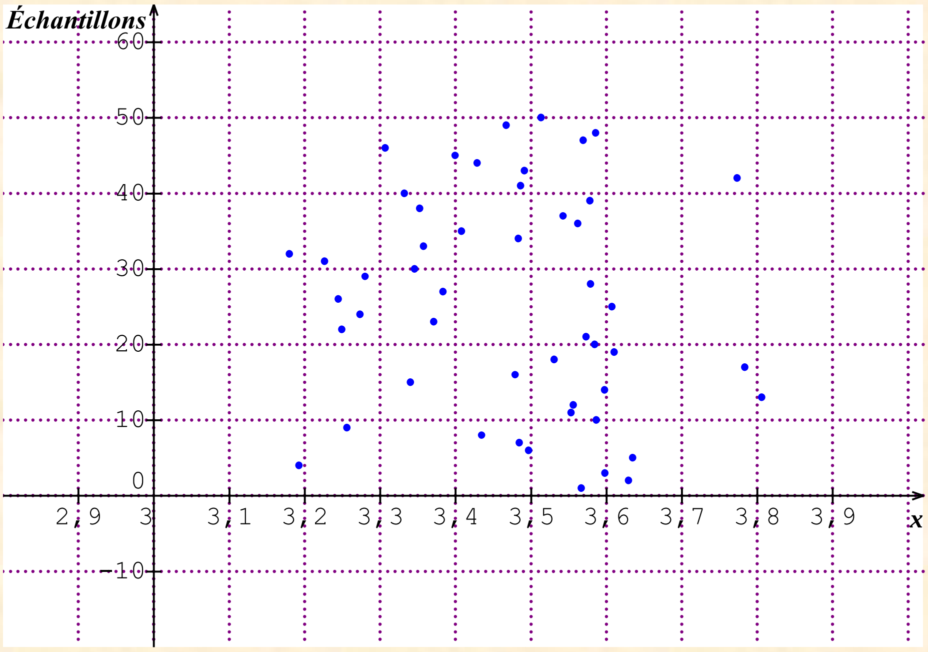


Dans ce graphique, on a choisi de répartir les effectifs en 20 classes. Il est donc logique, qu'en moyenne, il y ait 250 résultats dans chacun des petits intervalles.

Voici un autre graphique représentant 50 échantillons de taille 100, toujours avec une loi uniforme sur l'intervalle [1 ; 6] :

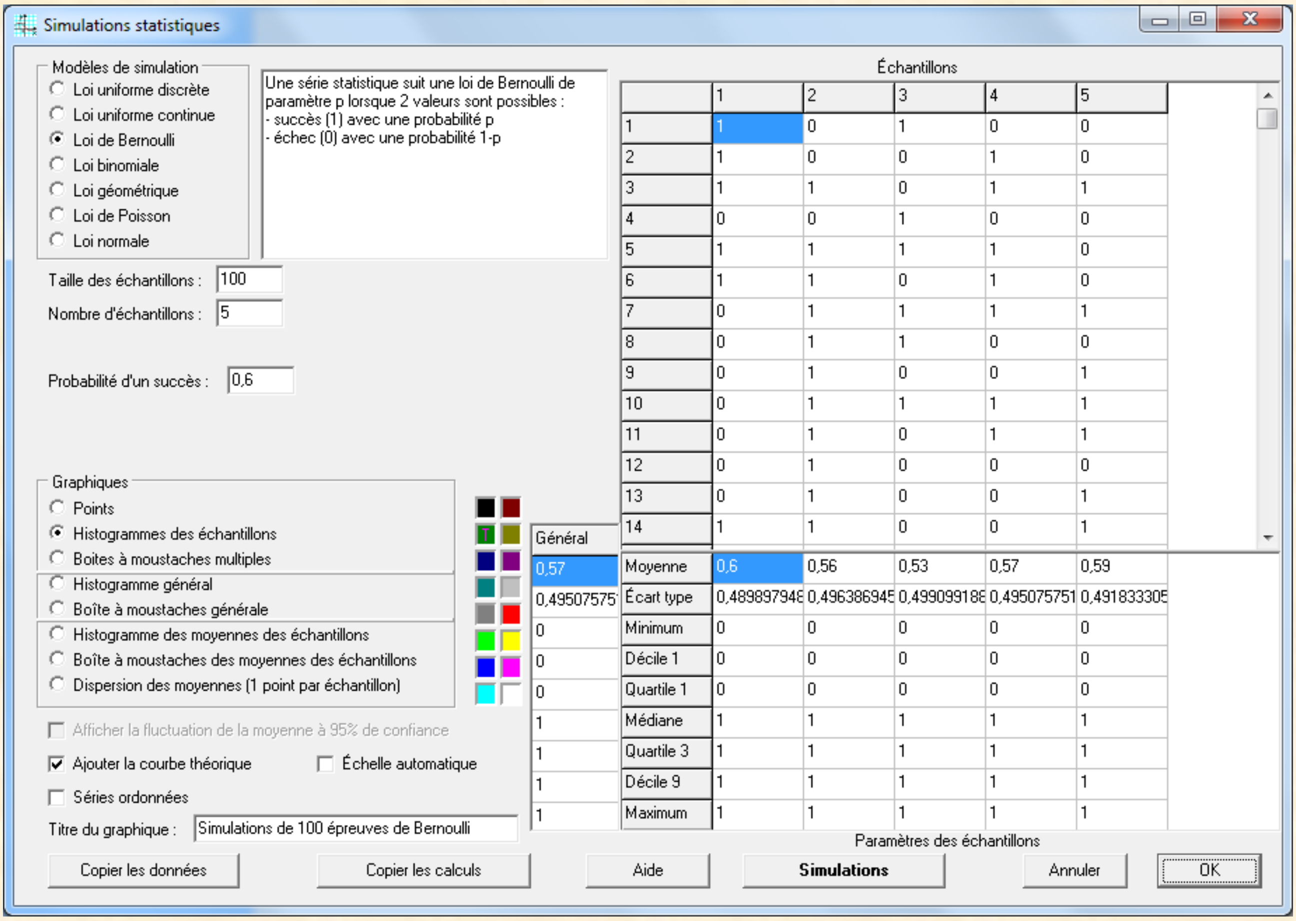


Avec les mêmes 50 échantillons de taille 100, voici la fluctuation des moyennes (1 point représente la moyenne de l'échantillon) :



Séries de Bernoulli

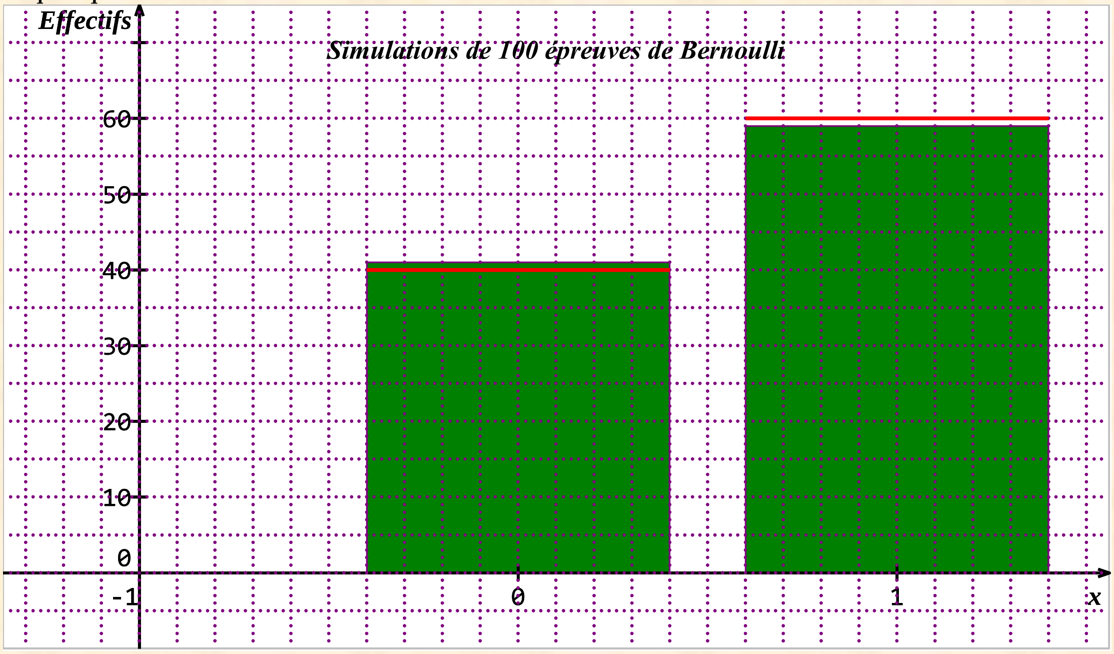
Prenons un exemple : une urne contient 6 boules blanches et 4 boules noires. On prélève une boule au hasard et on note 1 s'il s'agit d'une blanche et 0 sinon. Nous venons de réaliser une épreuve de Bernoulli (succès-échec) où la probabilité d'un succès est de 0,6. Si nous remettons la boule dans l'urne et si nous répétons un grand nombre de fois l'expérience, on obtient une série statistique composée de 0 et de 1, avec, normalement, une proportion de 1 égale à 60 %. On peut simuler ainsi, par exemple, un échantillon de 100 tirages avec remise. Avec Sine qua non, voici comment procéder :



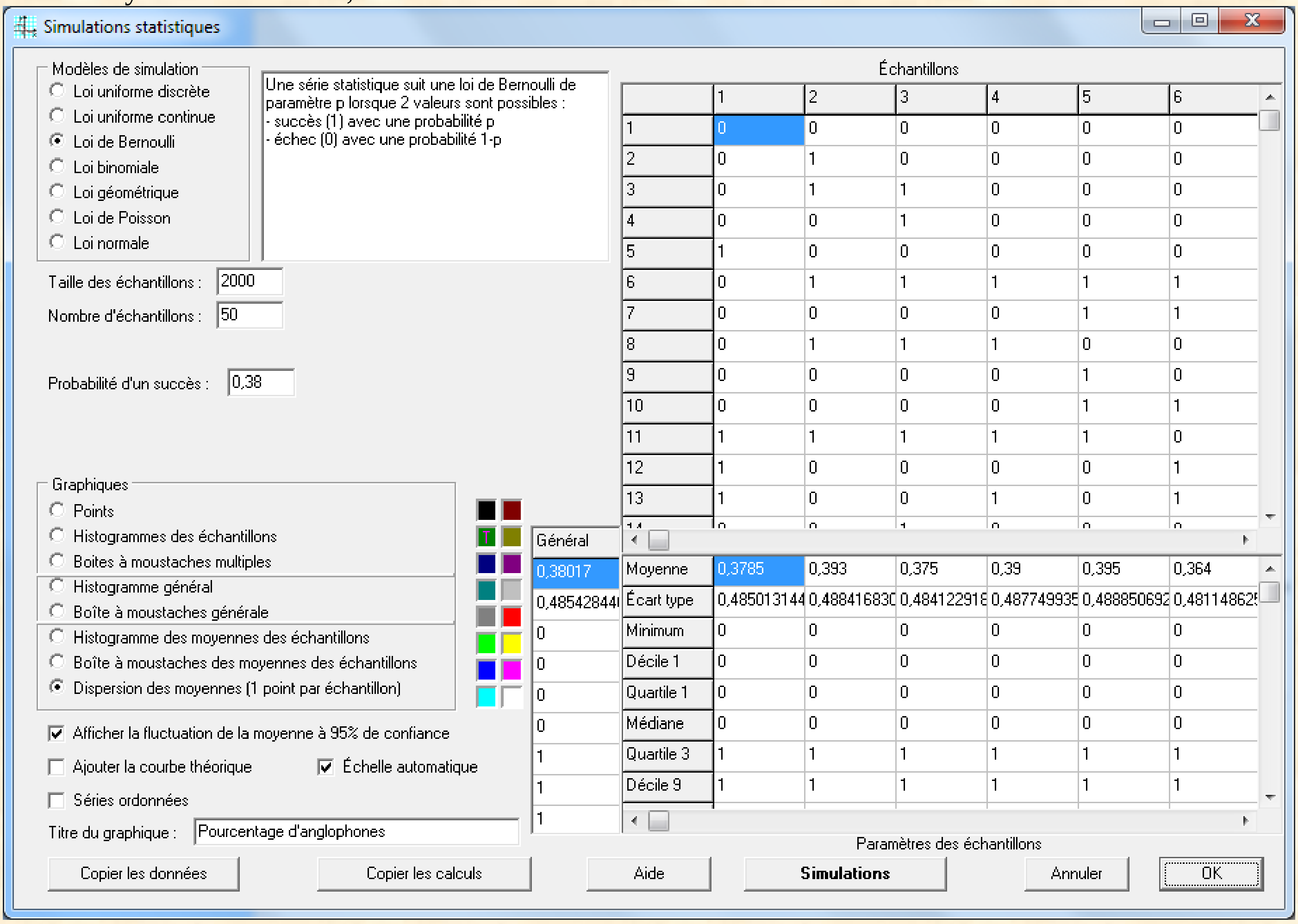
	1	2	3	4	5
1	1	0	1	0	0
2	1	0	0	1	0
3	1	1	0	1	1
4	0	0	1	0	0
5	1	1	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	0	1	1	1	1
8	0	1	1	0	0
9	0	1	0	0	1
10	0	1	1	1	1
11	0	1	0	1	1
12	0	1	0	0	0
13	0	1	0	0	1
14	1	1	0	0	1

Général		1	2	3	4	5
0,57	Moyenne	0,6	0,56	0,53	0,57	0,59
0,49507575	Écart type	0,48989794	0,49638694	0,49909918	0,495075751	0,491833305
0	Minimum	0	0	0	0	0
0	Décile 1	0	0	0	0	0
0	Quartile 1	0	0	0	0	0
1	Médiane	1	1	1	1	1
1	Quartile 3	1	1	1	1	1
1	Décile 9	1	1	1	1	1
1	Maximum	1	1	1	1	1

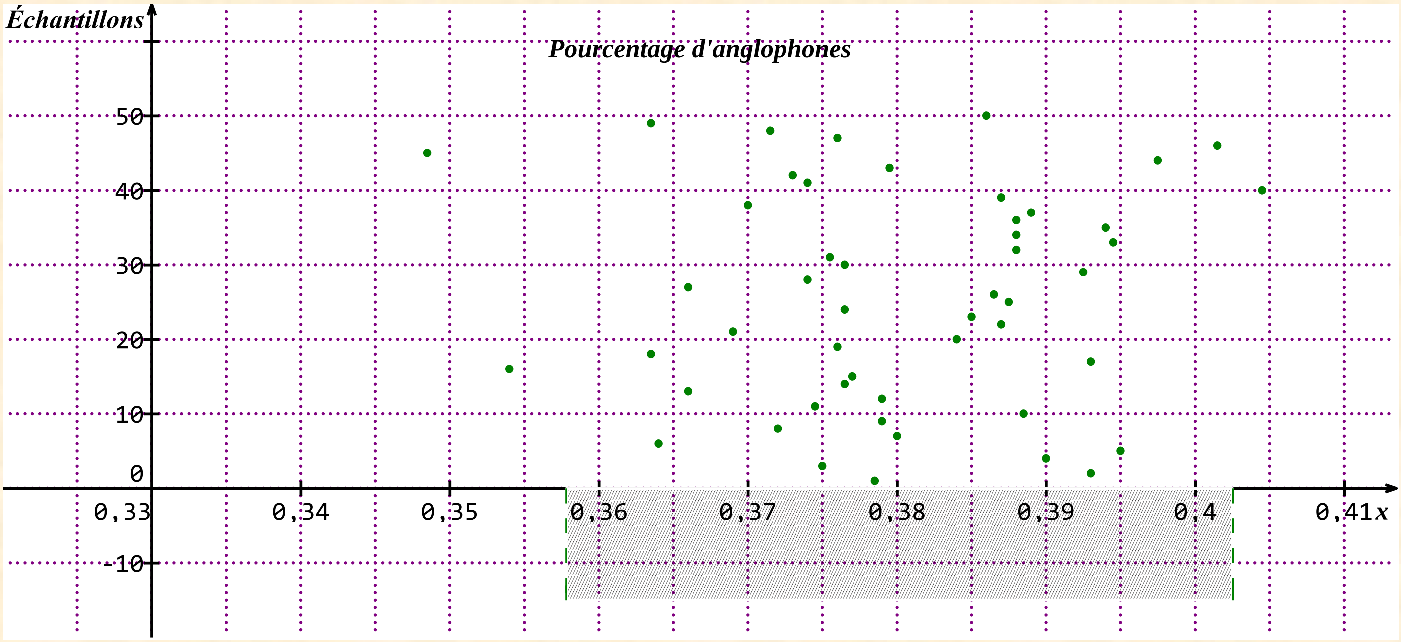
Le graphique qui en résulte est le suivant :



La loi de Bernoulli peut également être utilisée pour un échantillonnage permettant de donner un intervalle de fluctuation d'une proportion avec un taux de confiance de 0,95. Imaginons que, dans une population donnée, il y ait 38 % de gens qui parlent anglais. On peut alors simuler une série d'échantillons de même taille (2000 par exemple) pour connaître l'intervalle de fluctuation de la moyenne au taux de 0,95 :



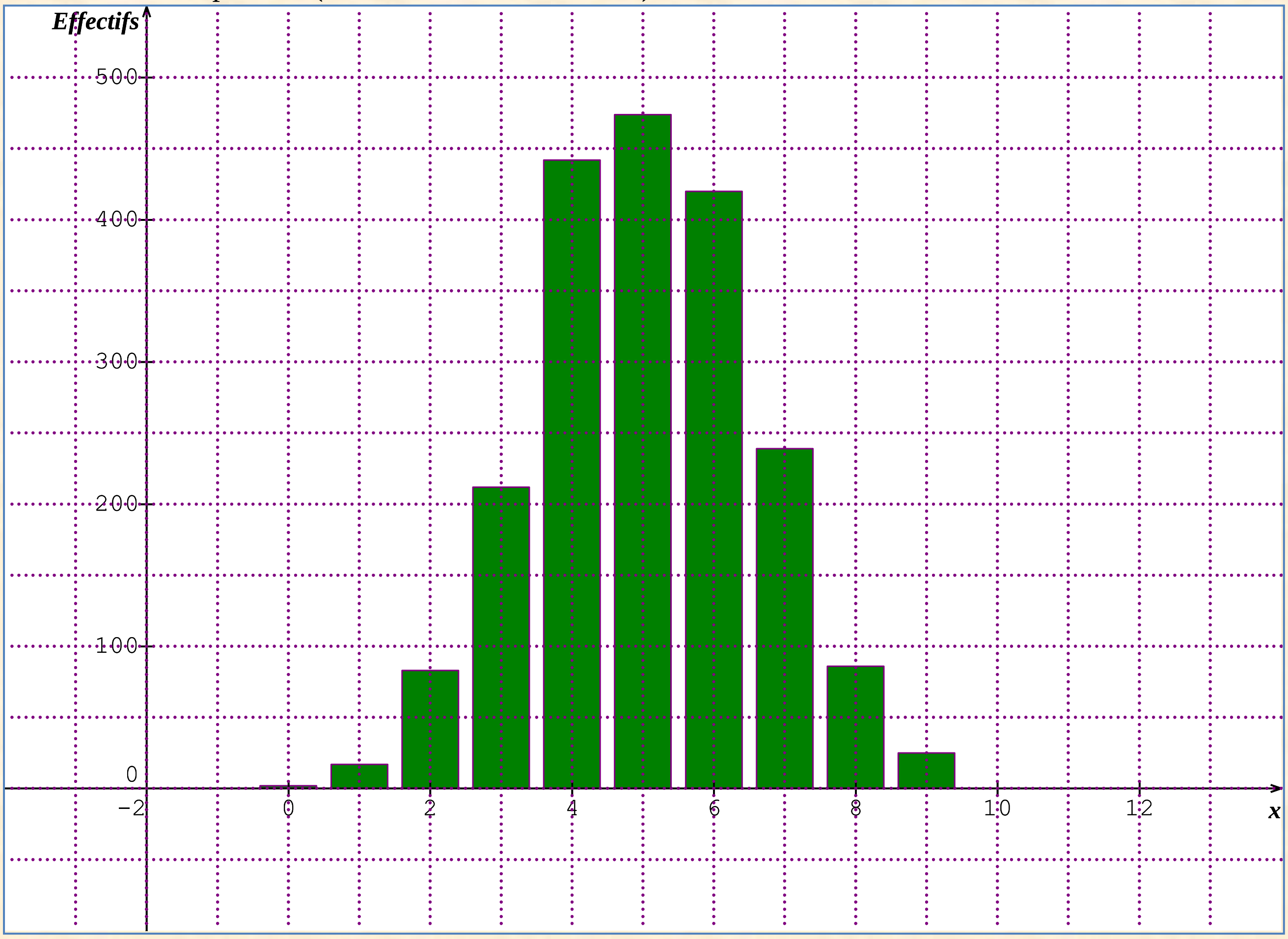
La case à cocher "Afficher la fluctuation de la moyenne à 95% de confiance" n'est utilisable que pour une loi de Bernoulli :



Dans cet exemple, on voit que la proportion de personnes qui parlent anglais se situe dans la fourchette [0,358 ; 0,402] avec un risque de 5 % d'erreur.

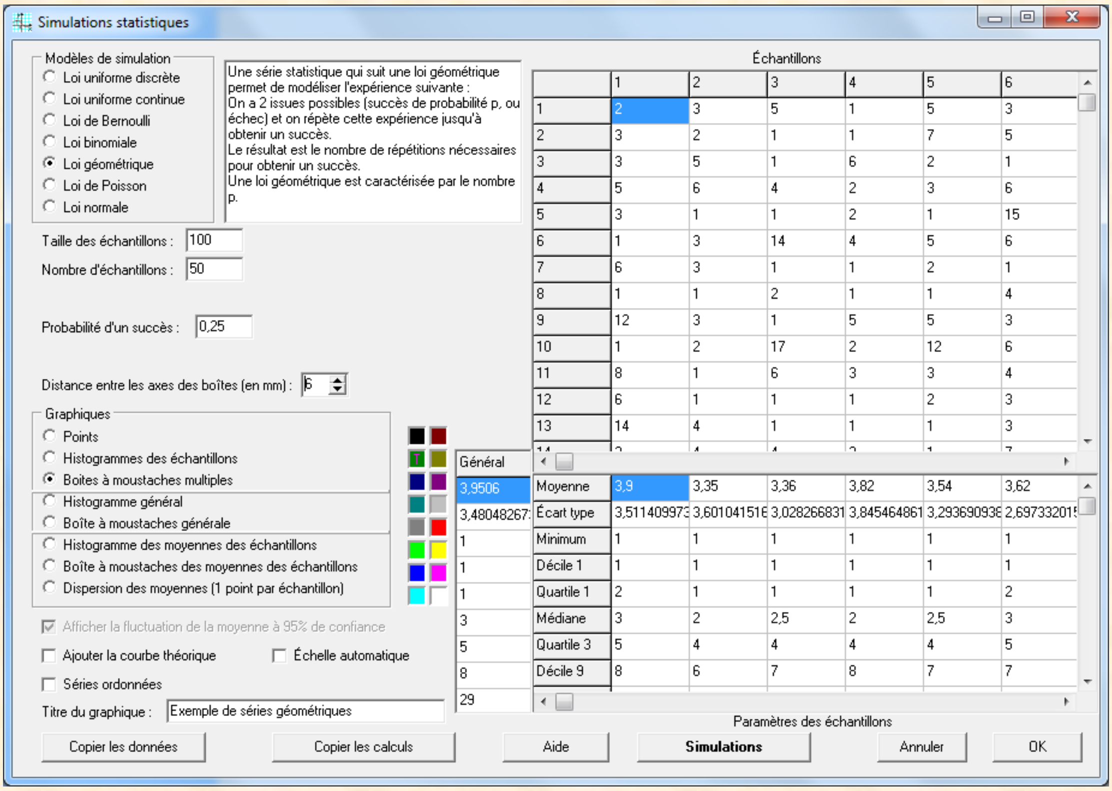
Séries binomiales

Les séries binomiales peuvent simuler un grand nombre de phénomènes dans lesquels on répète un nombre fixé d'épreuves de Bernoulli (à 2 issues). Par exemple, on joue à pile ou face 10 fois de suite. Combien de fois va-t-on obtenir "pile" ? Il s'agit ici de simuler une loi binomiale de paramètres $n = 10$ et $p = 0{,}5$ (échantillon de taille 2000) :

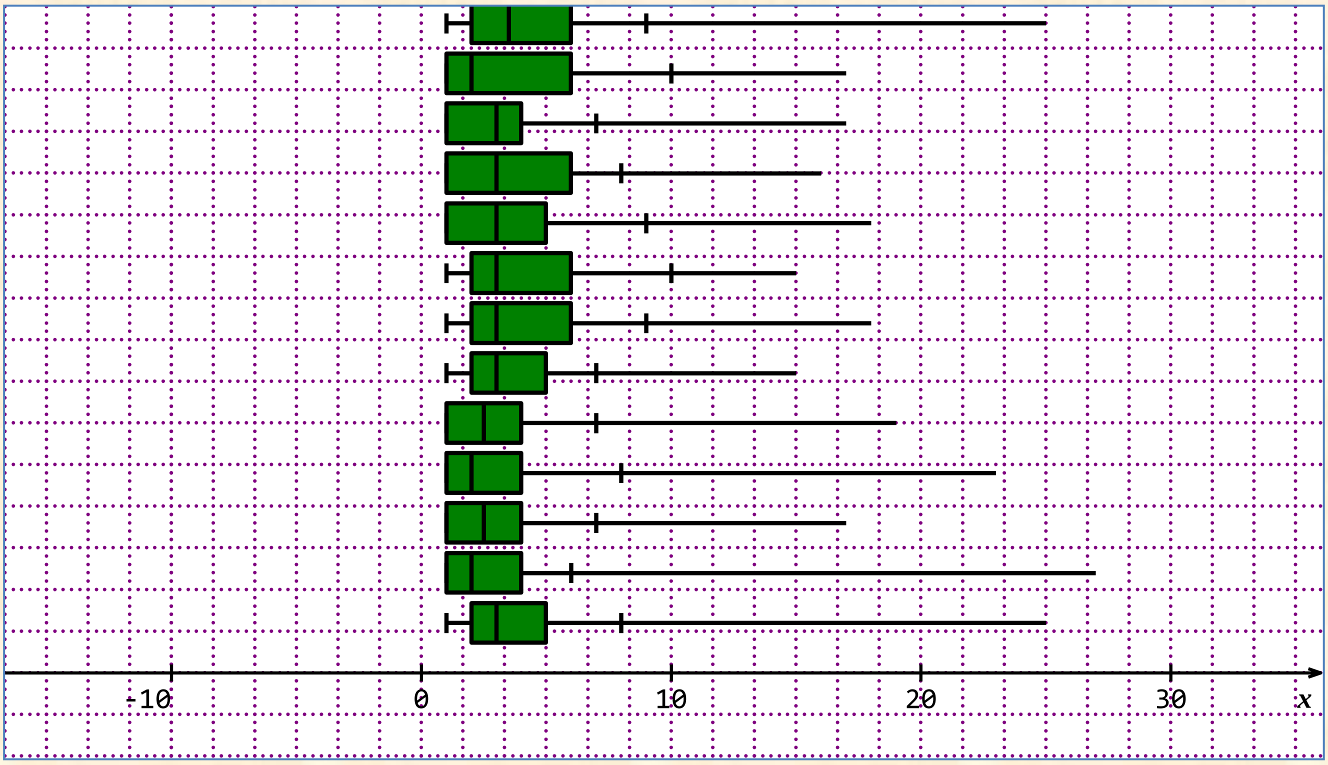


Séries géométriques

Une simulation statistique suivant une loi géométrique permet de décrire le nombre de tirages nécessaires pour obtenir un succès. Par exemple, combien d'essais seront-ils nécessaires pour obtenir un cœur lorsqu'on tire une carte dans un jeu (en supposant qu'on fasse des tirages successifs avec remise) ?



Voici le graphique présentant les 13 premiers échantillons sous forme de boîtes à moustaches :

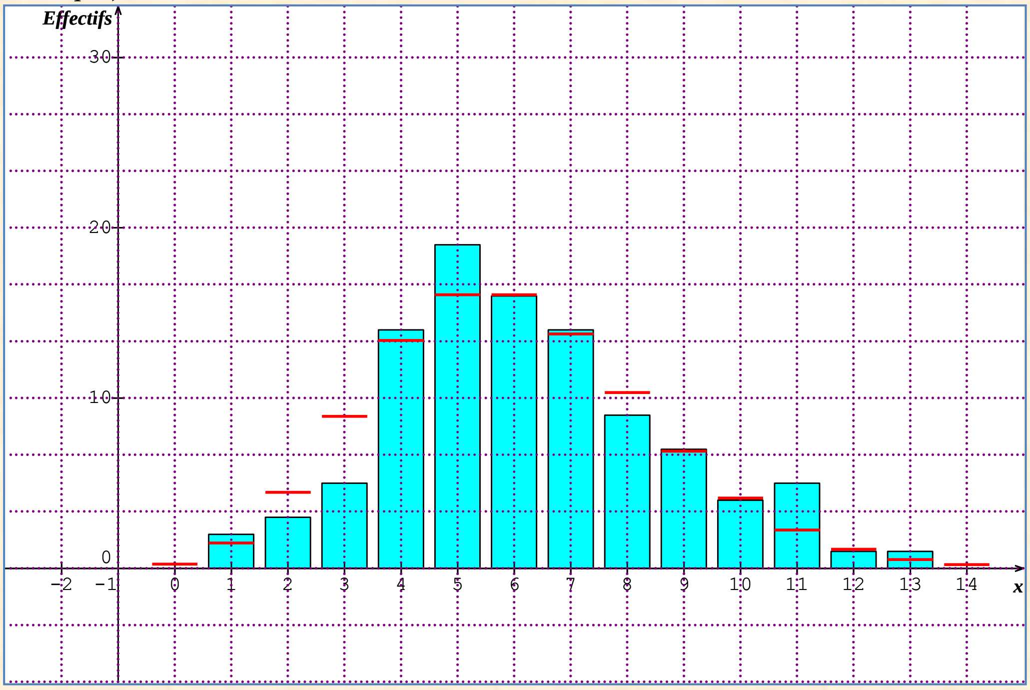


(le nombre de boîtes à moustaches affichées dépend de la taille du dessin et de la distance entre les boîtes).

Séries de Poisson

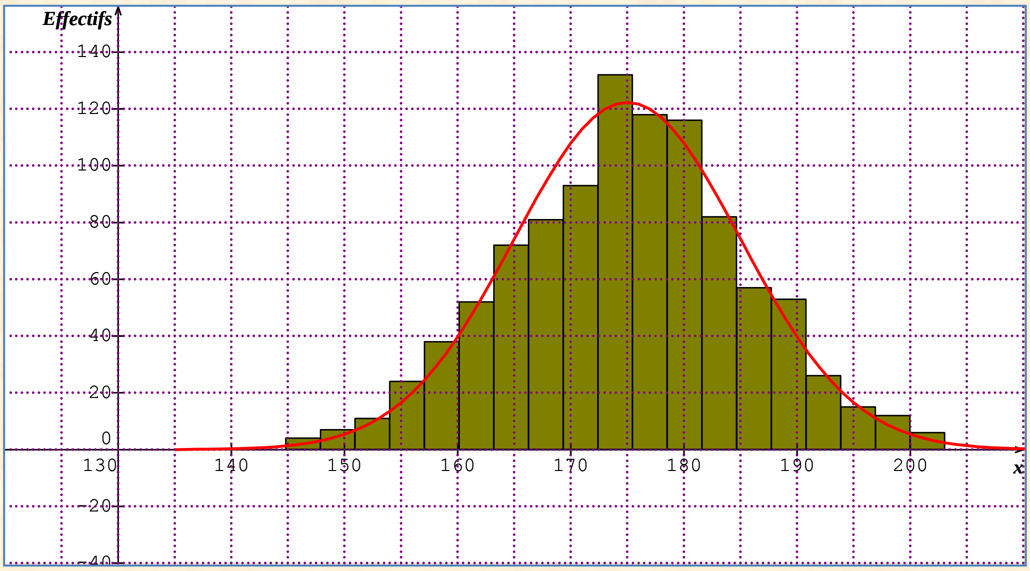
Les séries de Poisson permettent de décrire traditionnellement le temps d'attente dans une file d'attente à un guichet (mais pas seulement). La loi de Poisson est également souvent utilisée pour approcher une loi binomiale $\mathscr{B}(n\ ;\ p)$ lorsque $n > 50$ et $np \leqslant 5$. On démontre qu'alors la loi de Poisson $\mathscr{P}(\lambda)$ avec $\lambda = np$ peut remplacer la loi binomiale dont les calculs sont plus compliqués et nécessitent 2 paramètres au lieu d'un seul pour la loi de Poisson.

Voici une distribution statistique de taille 100 d'une loi de Poisson de paramètre $\lambda = 6$ (on a ajouté la courbe théorique) :



Séries statistiques normales (ou gaussiennes)

Comment sont répartis les 1000 élèves d'un lycée, si on considère leur taille en cm, sachant que la taille moyenne est de 1,75 m et que l'écart type est de 10 cm ? C'est pour répondre à ce genre de question que les distributions gaussiennes sont utilisées :



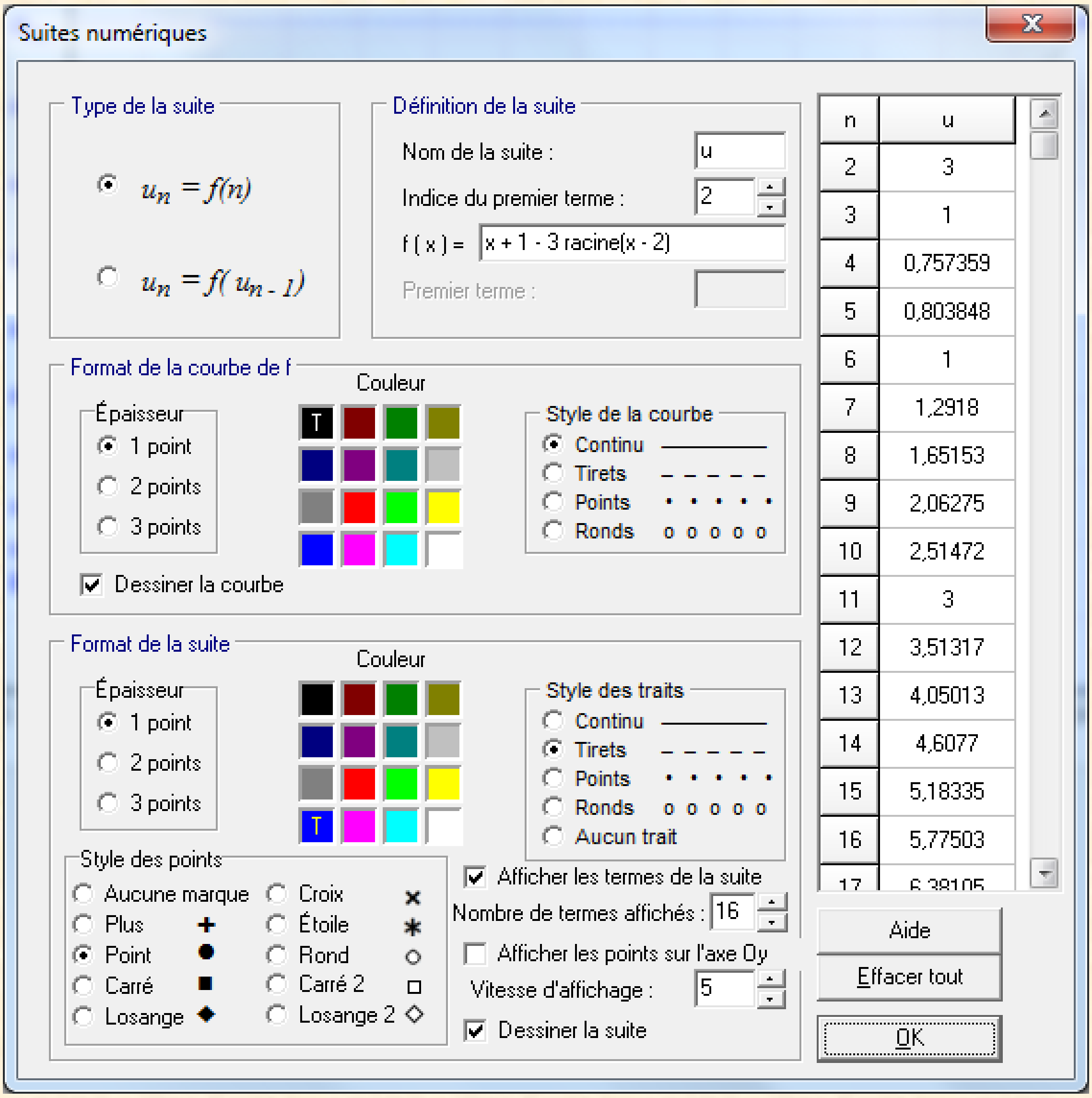
Suites numériques

Sine qua non permet de représenter graphiquement 2 types de suites numériques :

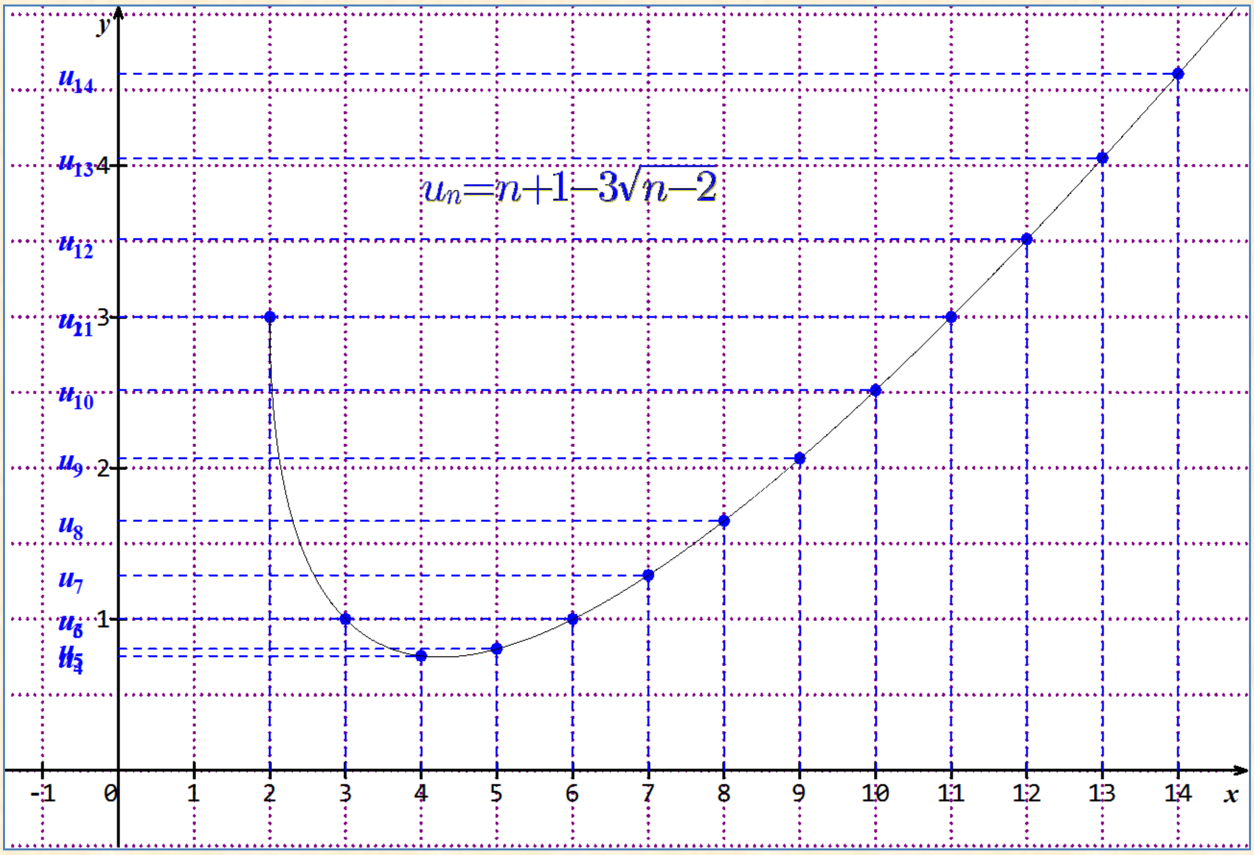
- Les suites de la forme : $u_n = f(n)$ où *f* est une fonction quelconque
- Les suites définies à l'aide d'une relation de récurrence de la forme : $u_n = f(u_{n-1})$

Suites de la forme $u_n = f(n)$

Prenons par exemple le cas de la suite (u_n) définie par $u_n = n + 1 - 3\sqrt{n-2}$ pour n>1 :
La fonction *f* doit être définie à l'aide de la variable *x* et non pas *n*. Dans cet exemple, il convient d'indiquer que le premier terme a pour indice 2.



La représentation graphique n'est pas toujours très bonne, en particulier, ici, les termes u_2 et u_{11} d'une part, u_3 et u_6 d'autre part, sont confondus :



Suites définies par une relation de récurrence $u_n = f(u_{n-1})$

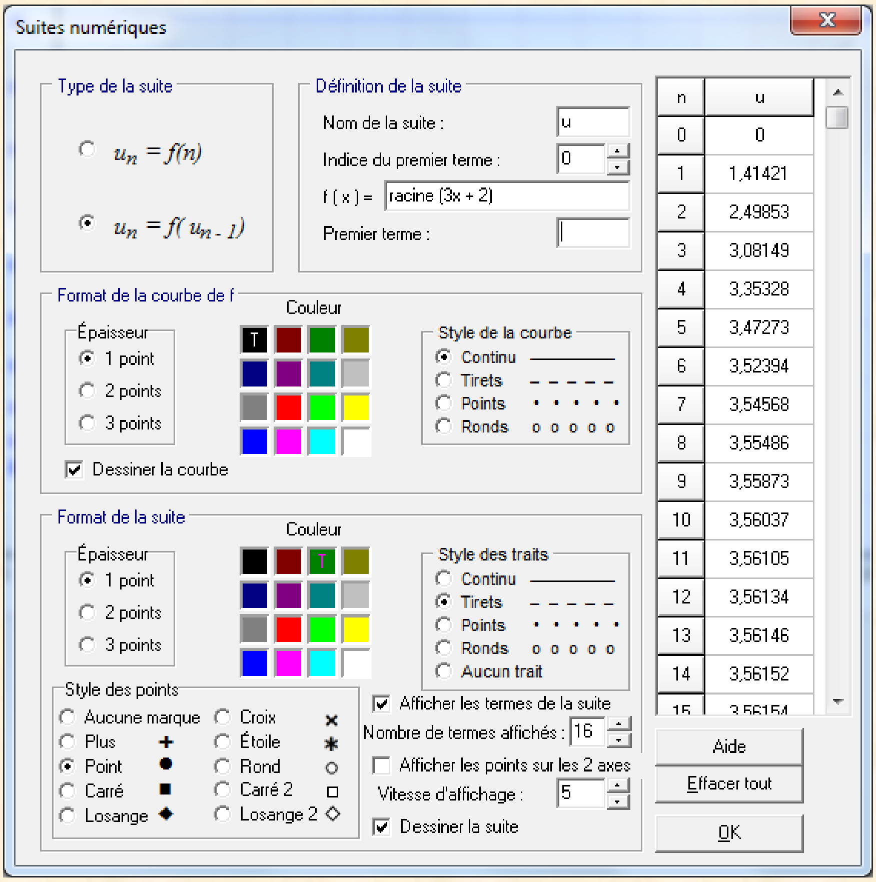
De très nombreuses suites, parmi lesquelles les suites arithmétiques et les suites géométriques, peuvent être définies à l'aide d'une relation de récurrence. *Sine qua non* ne gère que les relations de la forme $u_n = f(u_{n-1})$.

Prenons comme exemple :

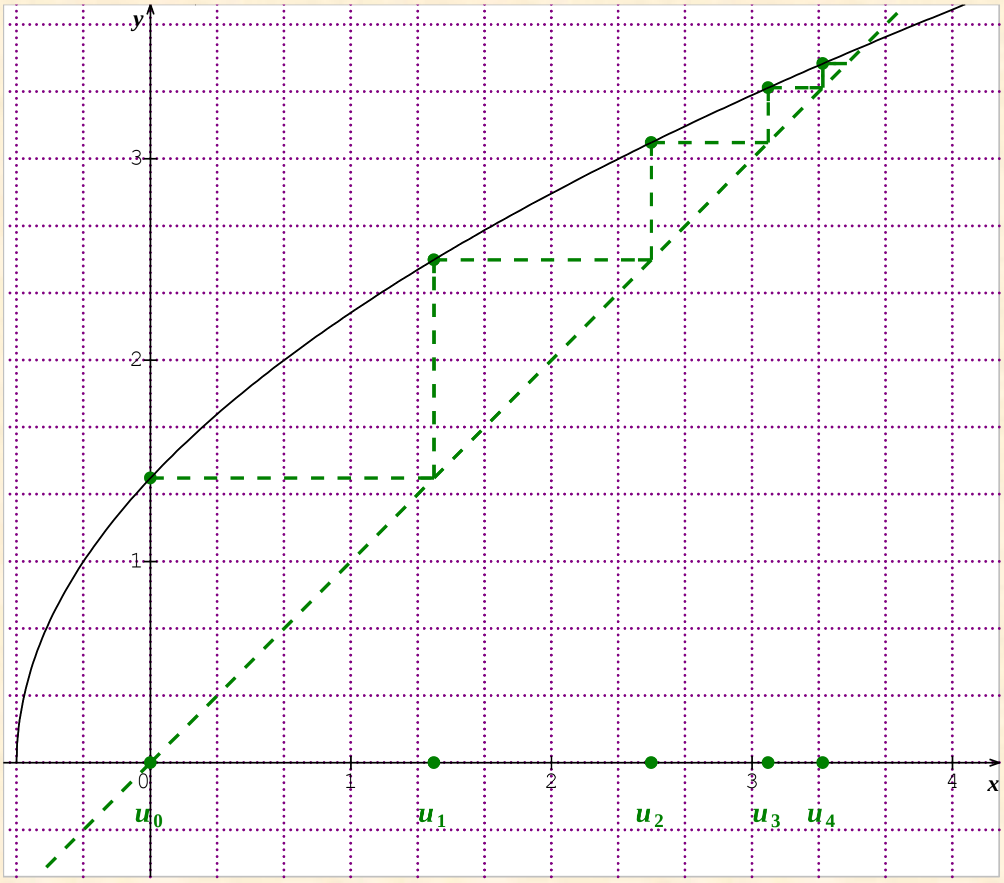
$u_n = \sqrt{3u_{n-1}+2}$

pour $n \geqslant 0$.

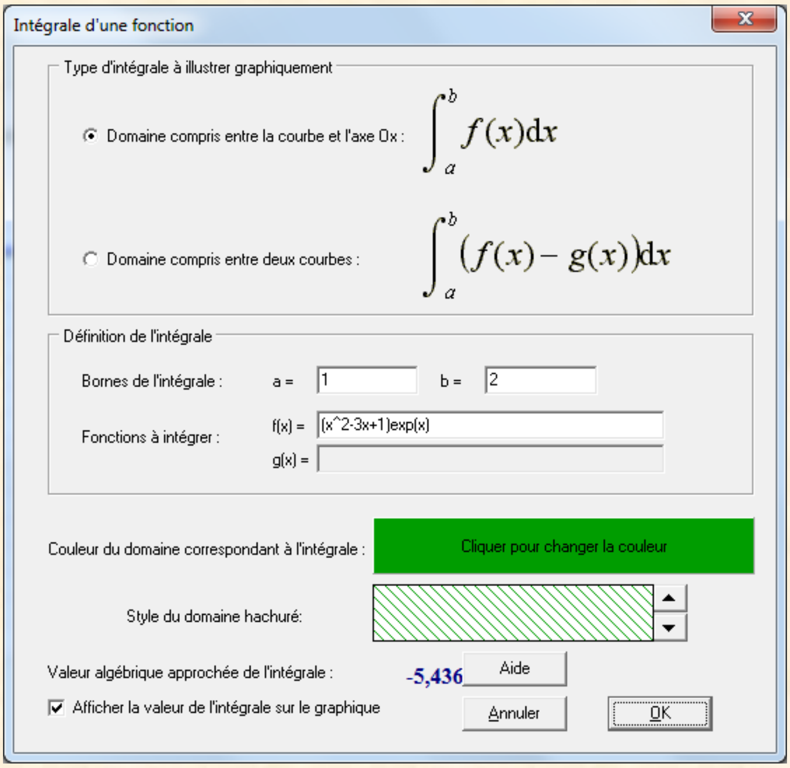
(Dans la copie d'écran ci-contre, la valeur du premier terme u_0 n'étant pas indiquée, on considère que $u_0 = 0$)



Le graphique correspondant donne ceci :



Représentation graphique d'une intégrale



Sine qua non permet de calculer une intégrale et de la représenter graphiquement. Il est également possible de montrer graphiquement le calcul approché d'une intégrale par la méthode des rectangles ou des trapèzes en précisant le nombre d'intervalles (voir plus loin).

Ici, avec la commande *Définir/Intégrale*…seules les intégrales dont les bornes sont finies peuvent être calculées et représentées. Pour définir une intégrale, on peut soit utiliser la commande *Définir/Intégrale*… soit cliquer sur le bouton .

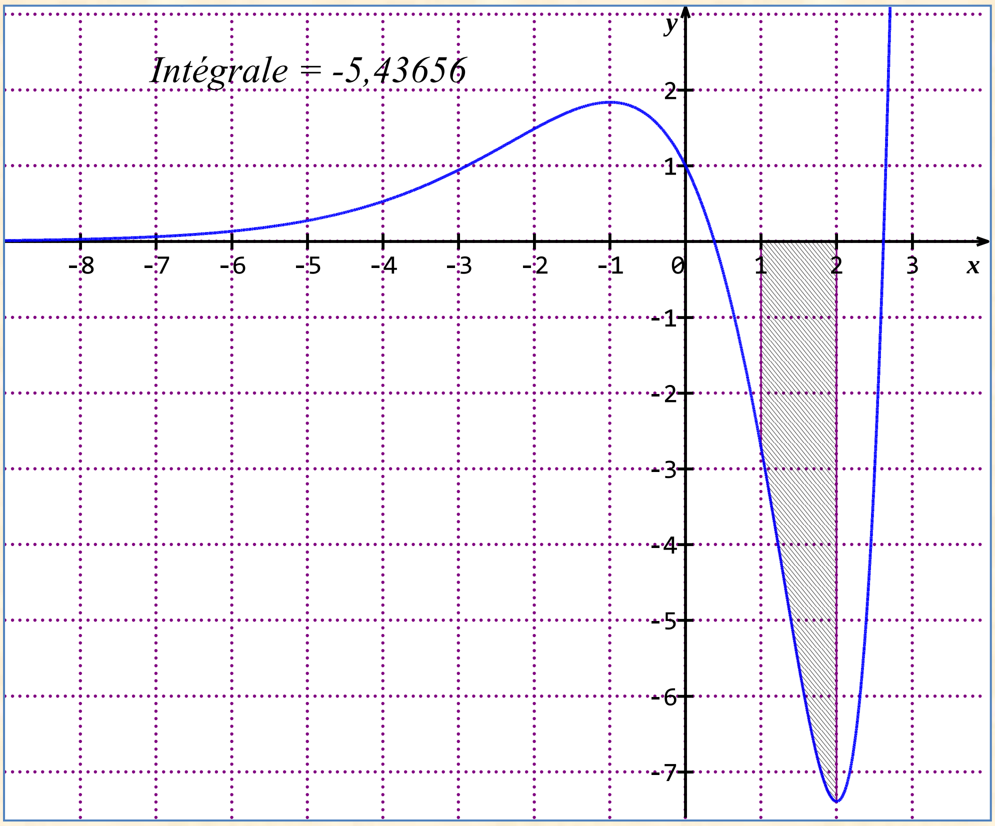
On obtient l'écran ci-contre :

Deux types d'intégrales peuvent être définies :

- $\int_a^b f(x)\mathrm{d}x$ correspondant graphiquement à un domaine compris entre la courbe représentative de f et l'axe Ox.

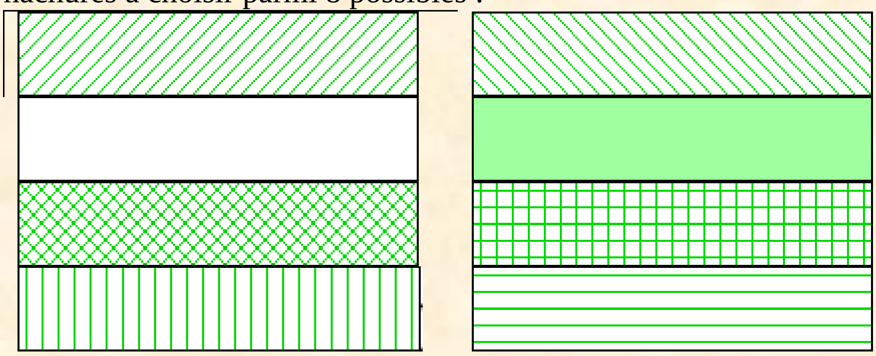
- $\int_a^b \left(f(x)-g(x)\right)\mathrm{d}x$ pour un domaine graphique compris entre les courbes représentatives des fonctions *f* et *g*.

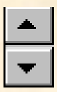
Voici par exemple, la représentation graphique de $\int_1^2 (x^2-3x+1)\mathrm{e}^x\,\mathrm{d}x$:



Les bornes peuvent être des constantes simples (comme ci-dessus) ou des expressions calculées, comme par exemple ln 2 ou π/4 (écrire dans ce cas « pi/4 »).
La fonction à intégrer (ou les fonctions à intégrer) peut être saisie avec la même syntaxe que d'habitude. Il est même possible d'utiliser l'une des 10 fonctions définies par l'utilisateur (f_1 à f_{10}).
Lorsqu'on a choisi le premier type d'intégrale, la zone de saisie de la fonction *g* est inaccessible (comme ci-dessus).

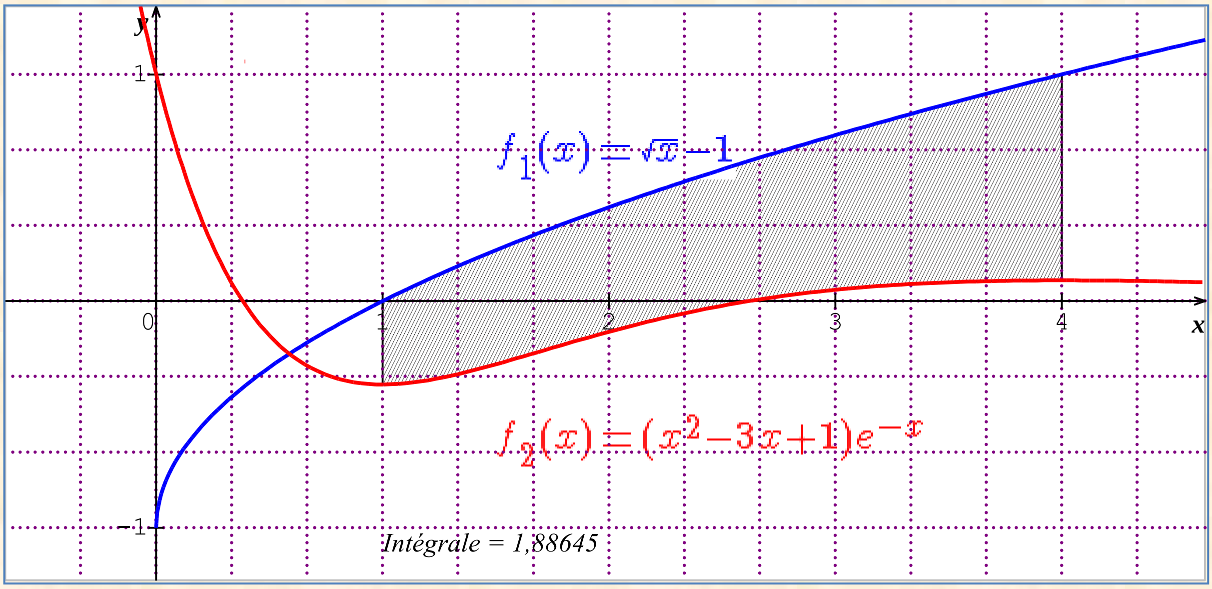
La valeur approchée de l'intégrale est obtenue à l'aide de la méthode de Simpson. Elle s'affiche dès qu'on quitte la zone de saisie de la fonction. Cette valeur peut éventuellement être affichée sur le graphique sous forme de texte (ce texte peut être ensuite déplacé à volonté sur le graphique).
Enfin, le domaine graphique correspondant à l'intégrale peut être coloré à son goût dans un style de hachures à choisir parmi 8 possibles :



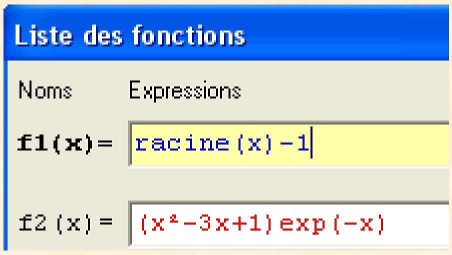
Pour modifier le style il suffit de cliquer sur l'une des 2 flèches à droite : 

Attention : Les hachures sont généralement beaucoup plus denses sur l'imprimante que sur l'écran. De plus, si le bouton anticrénelage est actif , alors les hachures sont très serrées sur l'écran, mais normales à l'impression.

Voici un exemple de représentation graphique d'une intégrale de type $\int_a^b (f(x) - g(x))\mathrm{d}x$:



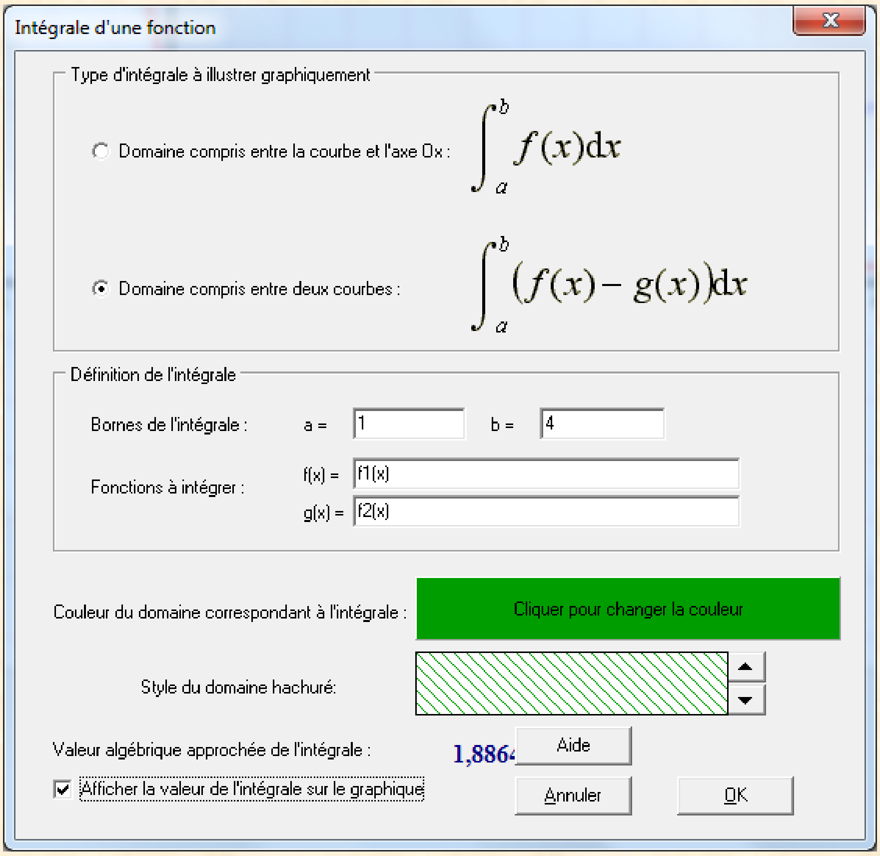
Pour obtenir ce dessin, on peut définir 2 fonctions f_1 et f_2 :



Il va sans dire que l'intégrale calculée n'est pas l'aire du domaine hachuré, mais « l'aire algébrique », exprimée en unités d'aire …

Les définitions des fonctions écrites sur le graphiques ont été réalisées avec la commande *Définir/Expression LaTeX*.

Ensuite, il suffit de définir l'intégrale suivante :



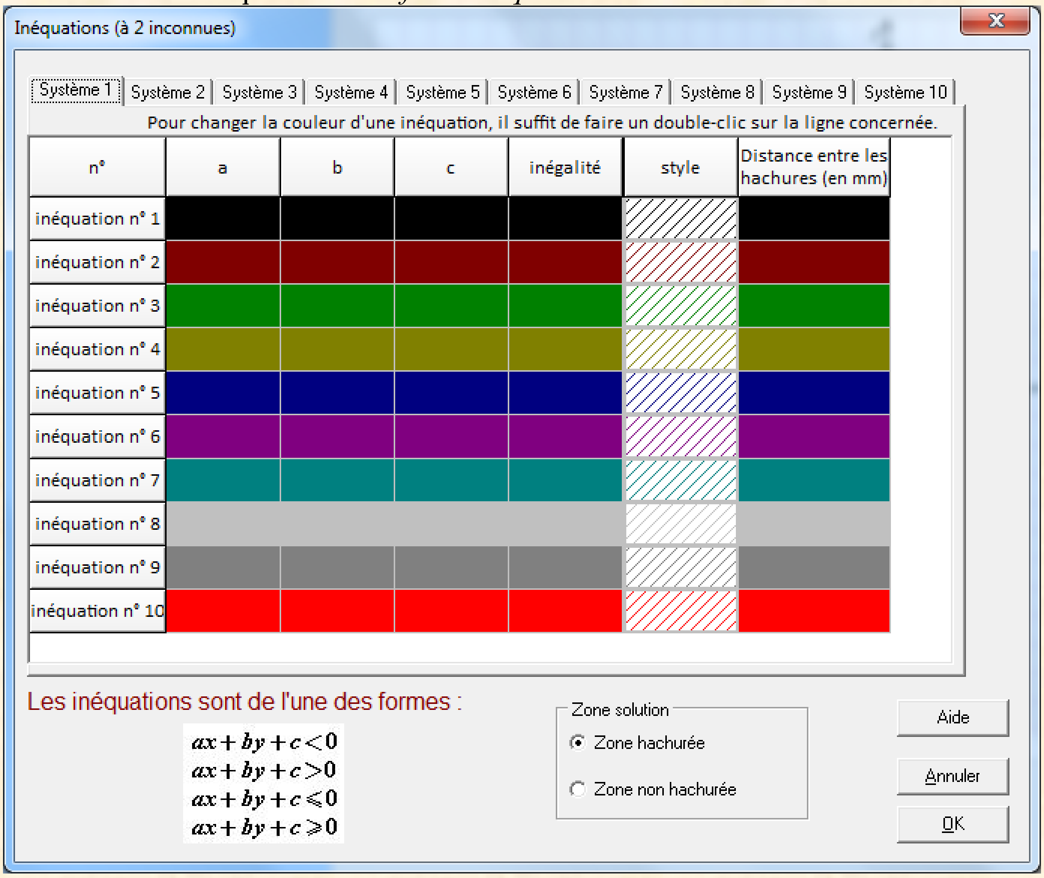
Inéquations

Le logiciel *Sine qua non* permet de représenter graphiquement un ou plusieurs systèmes d'inéquations linéaires à deux inconnues. Ces inéquations sont donc de l'une des formes suivantes :

$$ax+by+c<0$$
$$ax+by+c>0$$
$$ax+by+c\leqslant 0$$
$$ax+by+x\geqslant 0$$

La saisie requiert donc, pour chaque inéquation, les valeurs des coefficients a, b et c ainsi que la nature de l'inégalité. L'utilisateur peut définir 10 inéquations dans un système et il peut définir jusqu'à 10 systèmes simultanément. C'est évidemment beaucoup trop dans la plupart des cas.

Voici la fenêtre obtenue lorsqu'on fait *Définir/Inéquations*... :



Supposons par exemple que nous voulions résoudre le système $\begin{cases} x\geqslant 0 \\ y\geqslant 0 \\ x+2y\geqslant 20 \\ 3x+2y\geqslant 30 \end{cases}$.

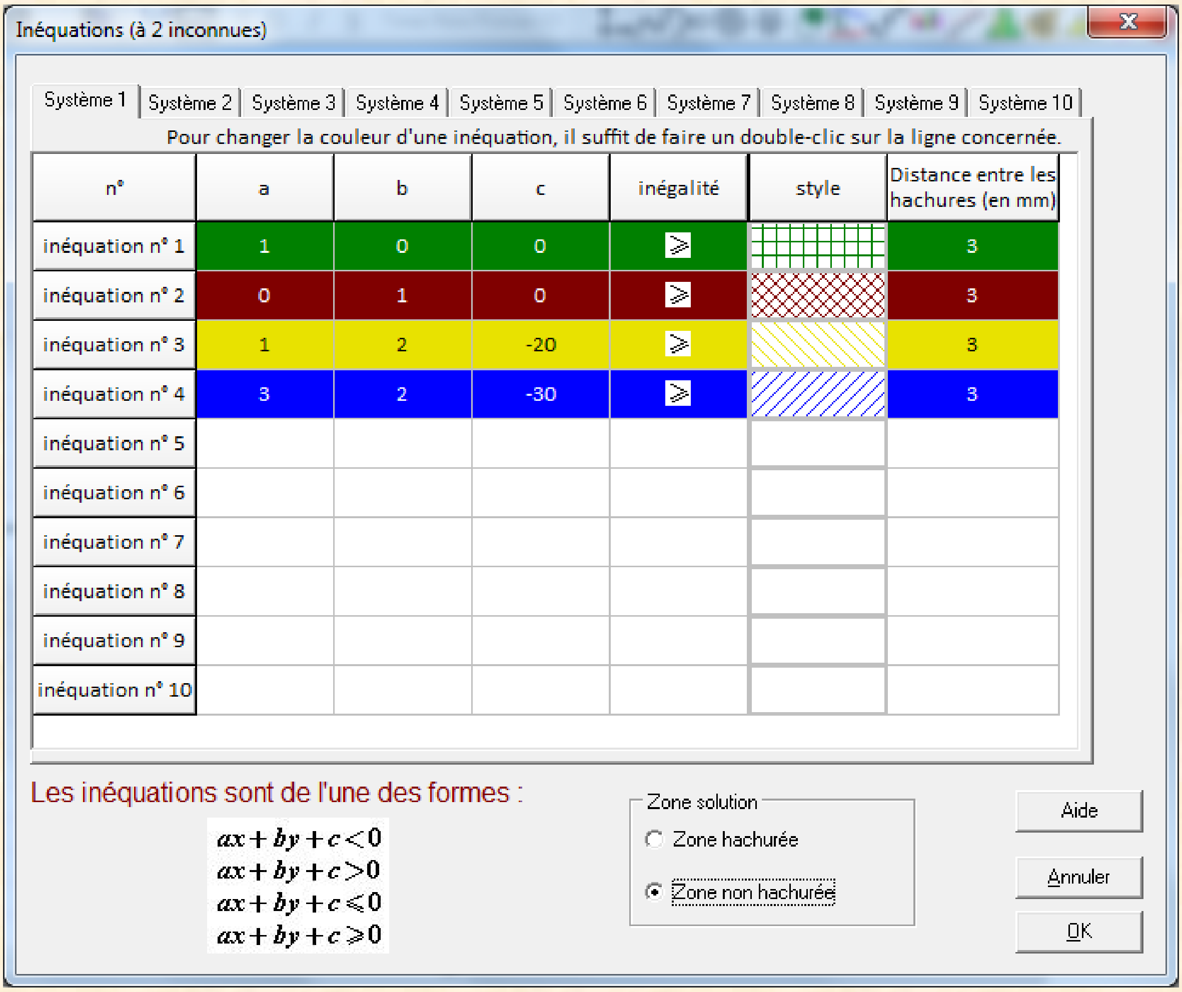
Lorsqu'il y a plusieurs inéquations simultanées comme ici, il vaut mieux choisir de hachurer ce qui n'est pas solution, autrement dit il vaut mieux cliquer sur le bouton "Zone non hachurée" pour indiquer la zone solution.

Dans notre cas particulier les coefficients sont les suivants :

a	b	c
1	0	0
0	1	0
1	2	-20
3	2	-30

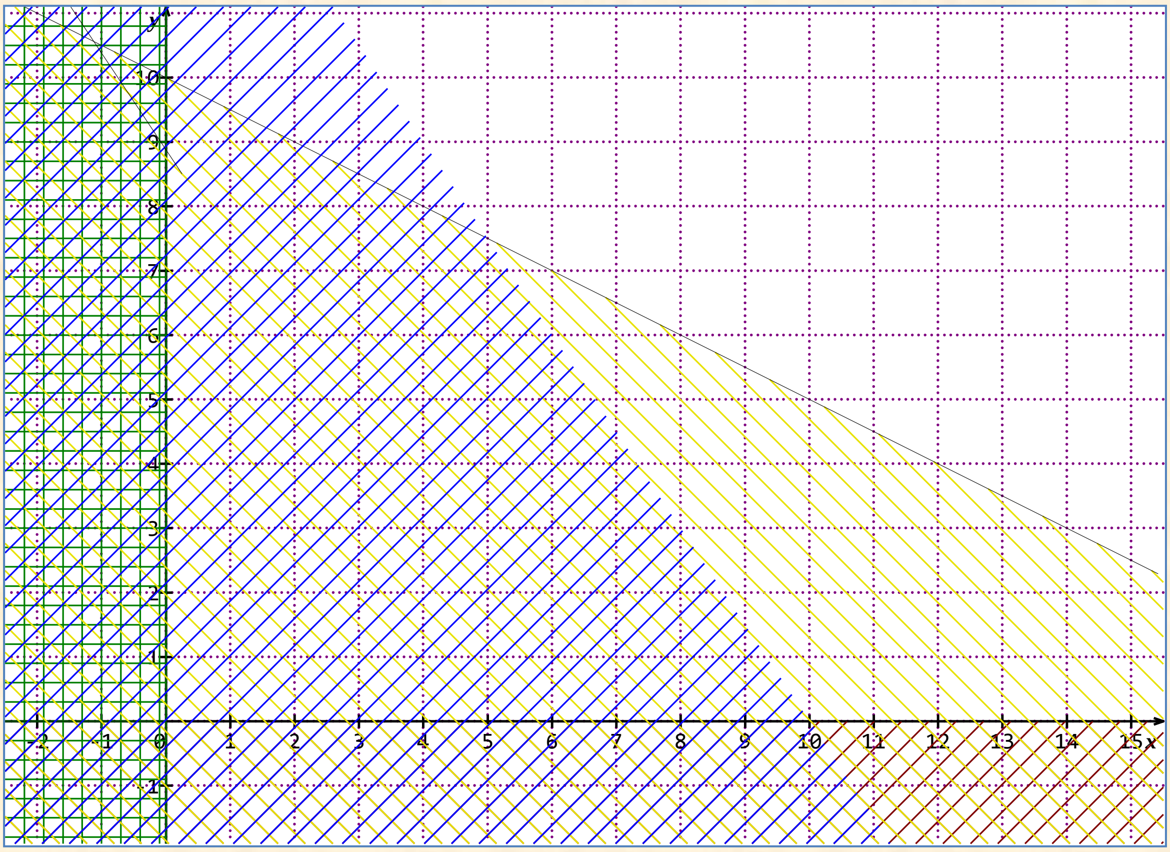
car, par exemple, l'inéquation $3x+2y\geqslant 30$ doit être traduite par : $3x+2y-30\geqslant 0$.

Le choix des couleurs et des styles de hachures est ensuite affaire de goût. À défaut d’indication, les distances entre les hachures sont de 3 mm :



n°	a	b	c	inégalité	style	Distance entre les hachures (en mm)
inéquation n° 1	1	0	0	$\geqslant$		3
inéquation n° 2	0	1	0	$\geqslant$		3
inéquation n° 3	1	2	-20	$\geqslant$		3
inéquation n° 4	3	2	-30	$\geqslant$		3
inéquation n° 5						
inéquation n° 6						
inéquation n° 7						
inéquation n° 8						
inéquation n° 9						
inéquation n° 10						

Voici le résultat :



Points particuliers sur une courbe

Sur toutes les courbes représentatives de fonctions et sur toutes les courbes paramétrées, il est possible de définir jusqu'à 10 points particuliers. Ces points sont généralement les intersections avec les axes, les maxima ou les minima, les intersections de 2 courbes, les points d'inflexion …

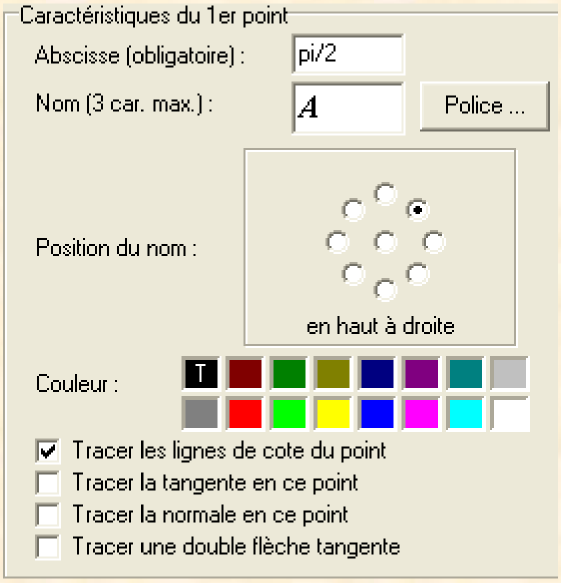
Ces points particuliers seront définis par leur abscisse (ou la valeur du paramètre *t* dans le cas des courbes paramétrées) et pourront avoir plusieurs caractéristiques :

- un nom (généralement une simple lettre) pour lequel on peut préciser la police de caractères et la position
- une couleur
- des lignes de cote en pointillés depuis le point sur la courbe jusqu'aux axes
- la tangente à la courbe en ce point
- la normale (perpendiculaire) à la courbe en ce point
- une flèche double (en particulier pour les extrema)

Définition d'un point particulier

Pour définir un point particulier sur une courbe, il faut d'abord cliquer dans la zone de saisie de la courbe pour préciser de quelle fonction ou de quelle représentation paramétrique il s'agit.

Il faut ensuite cliquer sur le bouton « autres options » :



Dans la fenêtre qui apparaît, il faut ensuite commencer par préciser l'abscisse du point (ou son paramètre dans le cas d'une courbe paramétrée).

Cette abscisse peut être une constante calculée comme ci-contre.

Toutes les autres caractéristiques sont facultatives :

- le nom,
- la police,
- la position du nom, etc …

Nom du point : format et position

Le nom d'un point est généralement une lettre, mais on peut utiliser jusqu'à 3 caractères quelconques : cela autorise l'apostrophe par exemple. Cependant il n'est pas possible d'utiliser des noms indicés. La position du nom est à choisir parmi 8 positions possibles. À défaut d'indication contraire, le nom est écrit au-dessus à droite du point. Si on choisit la position centrale, le nom n'est pas affiché.

Lignes de cote d'un point

On appelle *lignes de cote* d'un point sur une courbe, les traits en pointillés qui partent du point et qui rejoignent les axes des abscisses et des ordonnées.

Lorsqu'on définit un point particulier sur une courbe représentative de fonction, ou sur une courbe paramétrée (commande *Définir / fonction f(x)* puis *Autres options*) ces lignes de cotes sont proposées spontanément. Pour les supprimer, il suffit de décocher la case « tracer les lignes de cote du point ».

La couleur des pointillés est définie en cliquant sur l'une des 16 couleurs de la grille.

Tangente en un point d'une courbe

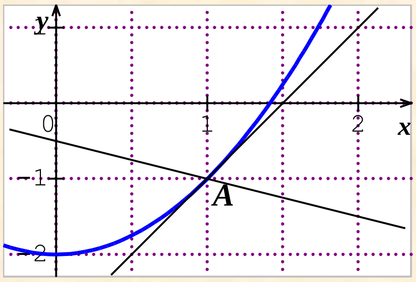
Le logiciel *Sine qua non* permet de tracer (dans la mesure du possible) n'importe quelle tangente à une courbe. Par contre, ce n'est pas l'objectif de ce logiciel, il ne permet pas d'en connaître l'équation !

Il faut commencer par définir le point où on veut obtenir la tangente :

- pour une courbe de fonction, il faut cliquer sur le bouton  puis cliquer dans la zone de saisie de la fonction, puis cliquer sur le bouton « autres options » , choisir le point, lui préciser son abscisse et enfin cliquer dans la case « tracer la tangente en ce point ».
- pour une courbe paramétrée, c'est la même chose mais il faut commencer par cliquer sur le bouton .

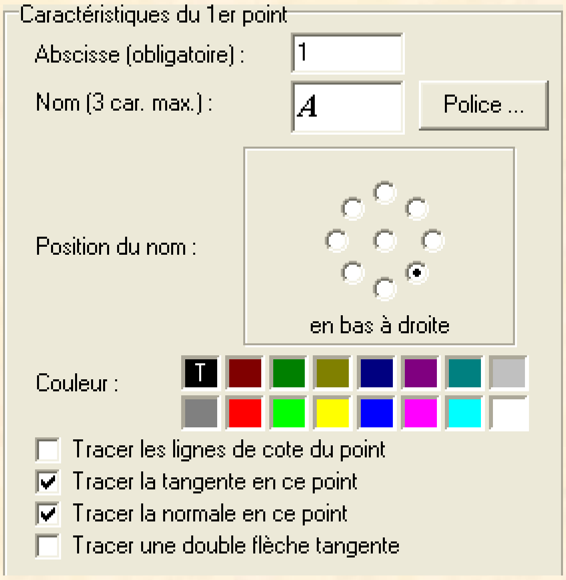
Il n'est pas nécessaire de donner un nom au point.

Normale à une courbe en un point



On appelle normale à une courbe en un point, la droite perpendiculaire à la tangente en ce point. Ceci n'a de sens, bien évidemment, que si le repère est orthonormé. Voici par exemple ce que donne la normale dans le cas d'un ***repère non orthonormé*** :

Dans cet exemple, la courbe d'équation $y = x^2 - 2$ a une tangente au point d'abscisse 1 dont le coefficient directeur est 2. Par conséquent la « normale » en ce point a pour coefficient directeur –1/2. Mais comme l'unité sur O*x* vaut 2 cm et seulement 1 cm sur l'axe O*y*, l'angle droit entre la tangente et la normale ne paraît pas vraiment droit !

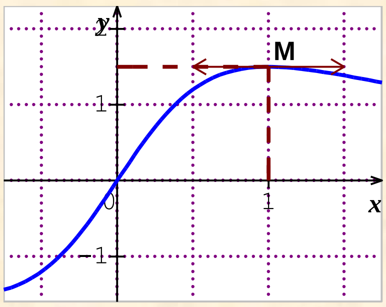


Pour obtenir la normale en un point, il faut définir le point en cliquant sur le bouton « autres options » d'une courbe, et en précisant son abscisse, puis cocher la case « tracer la normale en ce point » :

La couleur de la tangente, des lignes de cote et de la normale est celle qui est choisie dans la grille de couleurs.

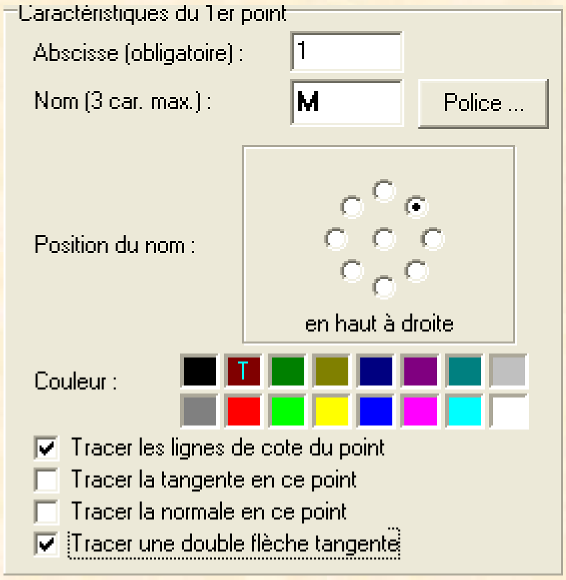
Il n'est pas obligatoire de donner un nom au point.

Tracer une double flèche tangente



Les doubles-flèches tangentes à une courbe sont souvent utilisée pour indiquer les extrema (ou extremums) sur une courbe :

Pour cela, il faut cliquer sur le bouton « autres options » puis cocher la case « Tracer une double flèche tangente ».

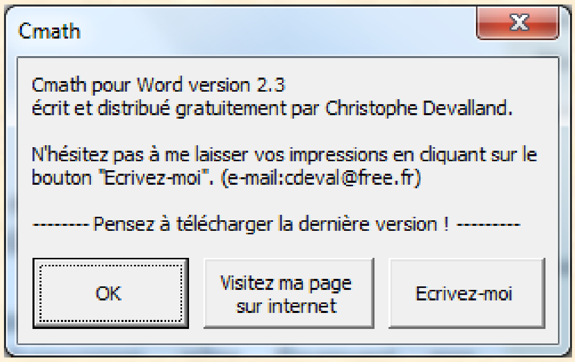


La couleur de la flèche et, éventuellement, des lignes de cote est définie dans la grille de couleurs :

Les traits, qui paraissent un peu trop épais sur l’écran, sont en réalité imprimés beaucoup plus finement sur le papier.

Tableaux de signes et de variations

(Définir / Tableaux de signes et de variations)

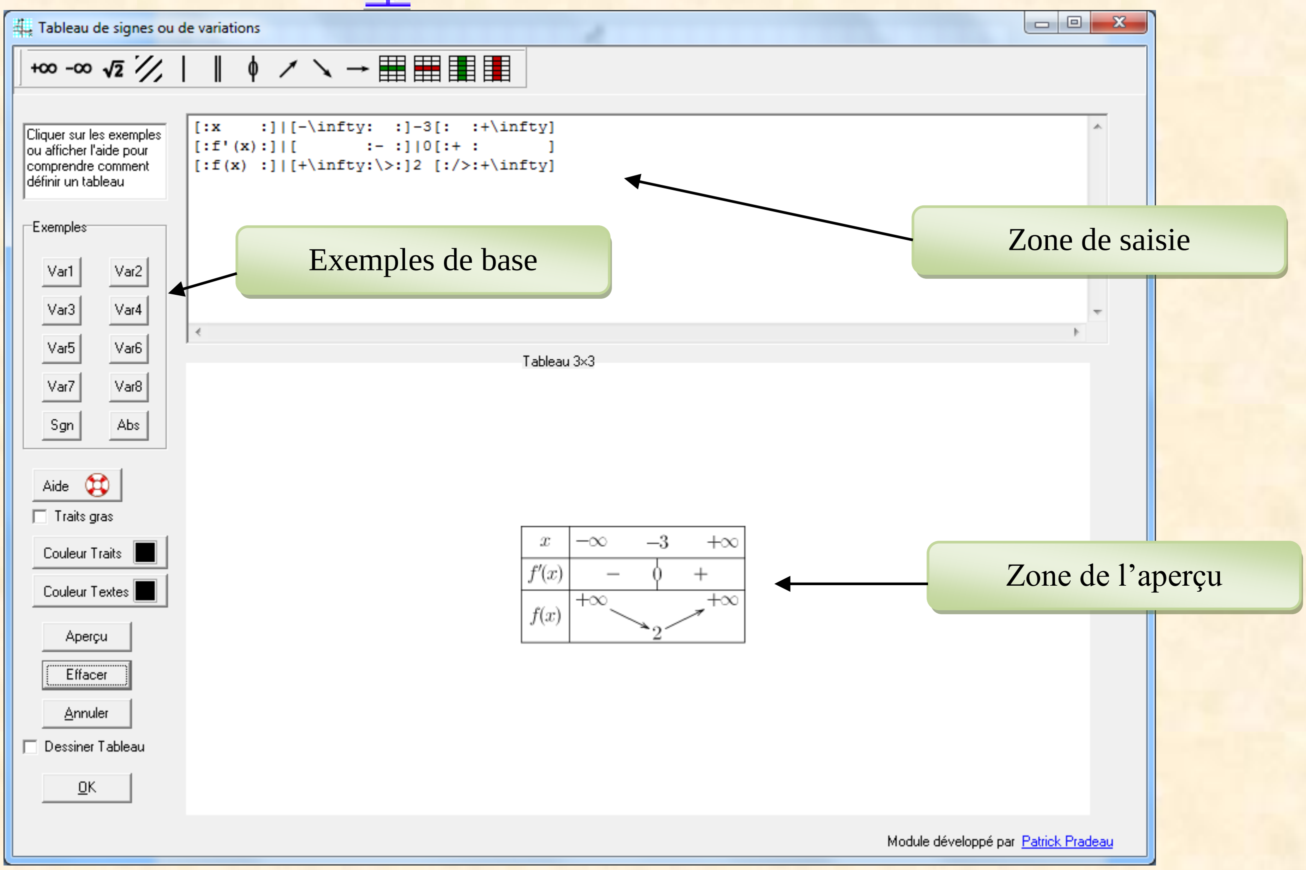


Chacun d’entre nous sait combien il est fastidieux de créer, sur ordinateur, des tableaux de signes ou des tableaux de variation. Les plus courageux crééent leurs propres macros dans leur traitement de texte ou bien, plus simplement, téléchargent des modèles tout faits sur Internet. On peut citer en particulier Cmath de Christophe Devalland.

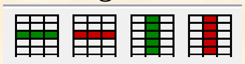
Désormais, vous disposez d’un nouvel outil intégré à Sine qua non.

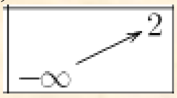
Définir un tableau de variation ou de signes

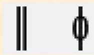
La commande "Définir un tableau de variation" se trouve dans le menu "Définir", mais peut aussi être obtenue avec le bouton -0+. On obtient alors l’écran suivant :



Règles de construction d'un tableau de variation, à partir de l'un des modèles proposés :

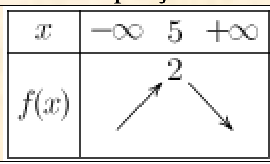
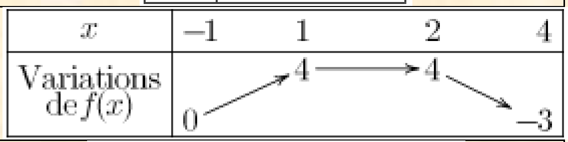
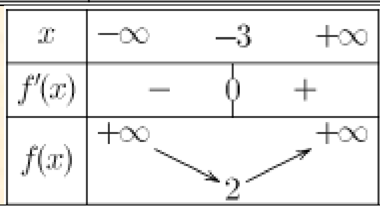
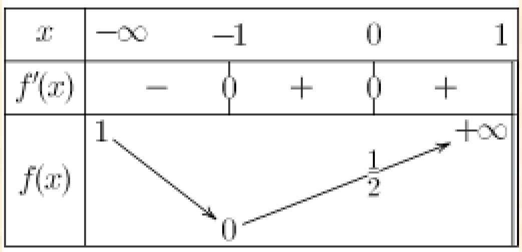
- Un tableau est codé par une série de lignes de texte dans la zone de saisie.
- Chaque ligne se décompose en cases délimitées par les symboles "[" et "]".
- Ne pas effacer ou ajouter manuellement les symboles "["et "]".
- Pour augmenter ou diminuer le nombre de lignes ou de colonnes, utilisez les boutons  prévus à cet effet.
- Chaque case contient également 2 symboles ":". Cela permet de prévoir 3 zones à l'intérieur de chaque case, selon que l'on veut cadrer le texte à gauche, au centre ou à droite de la case.

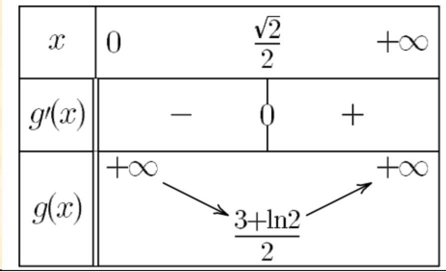
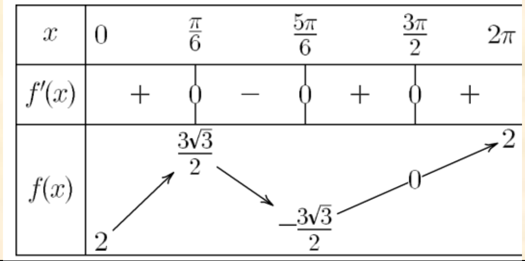
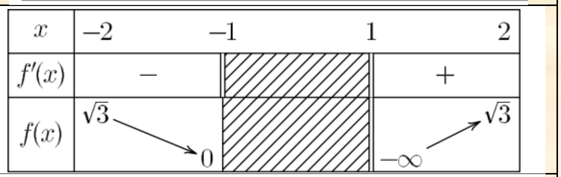
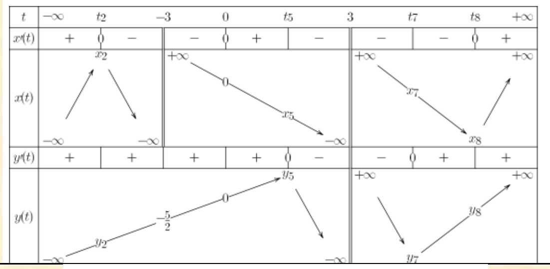
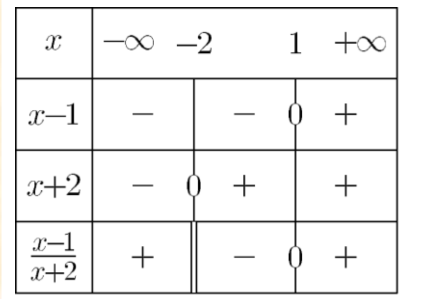
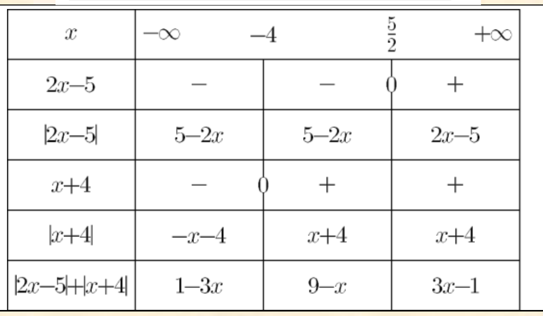
  Exemple **`[-\infty : /> : 2]`** donnera ceci : 

  Ne pas ajouter ou effacer manuellement ces symboles séparateurs ":"
- Certaines expressions sont écrites en LaTeX, comme par exemple :
  - `-\infty` qui donne $-\infty$.
  - `\sqrt{25}` qui donne $\sqrt{25}$
  - `\frac{\ln x}{2}` qui donne $\dfrac{\ln x}{2}$
- Les flèches ascendantes, descendantes et horizontales sont codées `/>` ; `\>` ; `_>`, mais on peut utiliser les boutons en haut de la fenêtre 
- Un trait vertical entre 2 cases sera codé comme ceci `[ : : ] | [ : : ]`
- Pour obtenir une double barre (valeur interdite) ou un zéro avec une barre qui le traverse, on peut utiliser soit l'un des 2 boutons , soit coder `||` ou `|0`.
- Les zones hachurées peuvent se coder `//`.

Exemples de tableaux de signes ou de variations

La meilleure manière de comprendre comment construire un tableau de signes ou de variation est encore d'examiner l'un des 10 exemples :

<table>
<tr><th>Ex.</th><th>Code</th><th>Aperçu</th></tr>
<tr><td>Var1</td><td><code>[:x   :]|[-\infty: :]5[: :+\infty]
[:f(x):]|[:/>:]2[:\>:   ]</code></td><td></td></tr>
<tr><td>Var2</td><td><code>[:x   :]|[-1: :]1[: :]2[: :4]
[:\array{\text{Variations}\\\text{de }f(x)}:]|[0 :/>:]4[: >:]4[:\>:-3]</code></td><td></td></tr>
<tr><td>Var3</td><td><code>[:x   :]|[-\infty: :]-3[: :+\infty]
[:f'(x):]|[:- :]|0[:+ :   ]
[:f(x) :]|[+\infty:\>:]2 [:/>:+\infty]</code></td><td></td></tr>
<tr><td>Var4</td><td><code>[:x   :]|[-\infty: :]-1[: :]0   [: :1   ]
[:f'(x):]|[:- :]|0[:+ :]|0   [:+ :||]
[:f(x) :]|[1   :\>:]0 [:/>:]\frac{1}{2}[:/>:+\infty||]</code></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>Var5</td><td><code>[:x   :]| [0   : :]\frac{\sqrt{2}}{2}   [: :+\infty]
[:g'(x):]||[:- :]|0   [:+ :   ]
[:g(x) :]||[+\infty:\>:]\frac{3+\text{ln2}}{2}[:/>:+\infty]</code></td><td></td></tr>
<tr><td>Var6</td><td><code>[:x   :]|[0: :]\frac{\pi}{6}   [: :]\frac{5\pi}{6}   [: :]\frac{3\pi}{2}[: :2\pi]
[:f'(x):]|[:+ :]|0   [:- :]|0   [:+ :]|0   [:+ :   ]
[:f(x) :]|[2:/>:]\frac{3\sqrt{3}}{2}[:\>:]-\frac{3\sqrt{3}}{2}[:/>:]0   [:/>:2   ]</code></td><td></td></tr>
<tr><td>Var7</td><td><code>[:x   :]|[-2   : :]-1[: :]1 [: :2   ]
[:f'(x):]|[:- :]||[://:]||[:+ :   ]
[:f(x) :]|[\sqrt{3}:\>:0]| [://:]||[-\infty:/>:\sqrt{3}]</code></td><td></td></tr>
<tr><td>Var8</td><td><code>[:t   :]|[-\infty: :]t_2[: :   ]-3   [: :]0 [: :]t_5[: :   ]3 [
[:x'(t):]|[:+ :]0| [:- :   ]|| [:- :]0|[:+ :]| [:- :   ]||[
[:x(t) :]|[-\infty:/>:]x_2[:\>:-\infty]|| [+\infty:\>:]0 [:\>:]x_5[:\>:-\infty]||[
[:y'(t):]|[:+ :]| [:+ :   ]| [:+ :]| [:+ :]|0 [:- :   ]||[
[:y(t) :]|[-\infty:/>:]y_2[:/>:   ]-\frac{5}{2}[:/>:]0 [:/>:]y_5[:\>:-\infty]||[</code></td><td></td></tr>
<tr><td>Sgn</td><td><code>[:x   :]|[-\infty: :]-2[: :]1 [: :+\infty]
[:x-1   :]|[:-:]| [:-:]0|[:+:   ]
[:x+2   :]|[:-:]0|[:+:]| [:+:   ]
[:\frac{x-1}{x+2}:]|[:+:]||[:-:]0|[:+:   ]</code></td><td></td></tr>
<tr><td>Abs</td><td><code>[:x   :]|[-\infty: :]-4[:   :]\frac{5}{2}[:   :+\infty
[:2x-5   :]|[:-   :]| [:-   :]0| [:+   :
[:\left|2x-5\right| :]|[:5-2x:]| [:5-2x:]| [:2x-5:
[:x+4   :]|[:-   :]|0[:+   :]| [:+   :
[:\left|x+4\right| :]|[:-x-4:]| [:x+4 :]| [:x+4 :
[:\left|2x-5\right|+\left|x+4\right|:]|[:1-3x:]| [:9-x :]| [:3x-1:</code></td><td></td></tr>
</table>

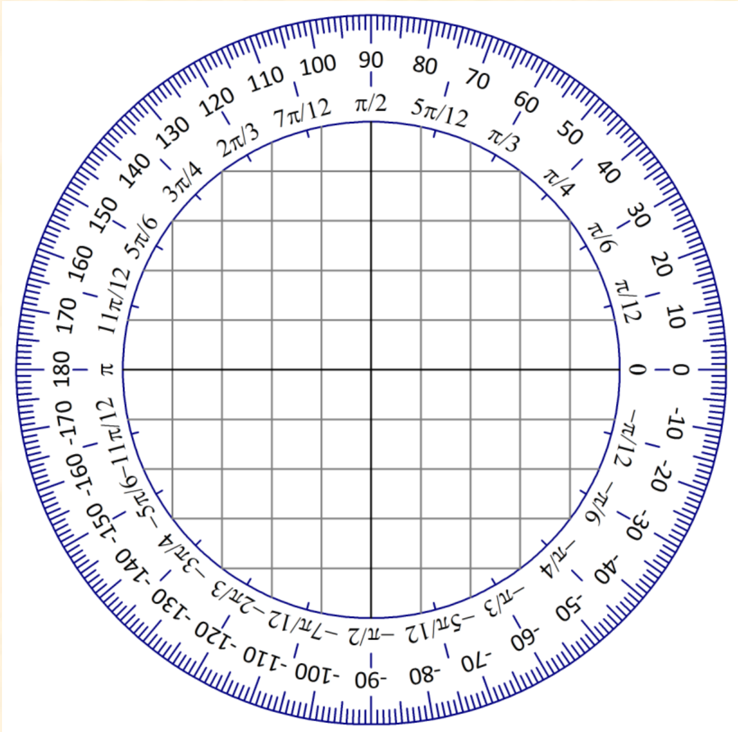
Lorrsqu'on a saisi la définition d'un tableau, il faut :

- cliquer sur le bouton Aperçu pour obtenir un aperçu du tableau,
- cocher la case ☐ Dessiner Tableau pour demander le dessin du tableau,
- cliquer sur le bouton OK pour fermer la fenêtre de définition et retourner au dessin.

La couleur des traits et celle des textes peut être définie à l'aide des 2 boutons Couleur Traits Couleur Textes.

Rapporteur trigonométrique

(*Définir/Rapporteur trigonométrique*)



Dessiner un rapporteur trigonométrique

Le but de cette commande est de permettre de dessiner, en haute résolution, un rapporteur trigonométrique. Celui-ci peut ensuite est imprimé sur une feuille transparente, par exemple, pour le découper et en faire un instrument de dessin.

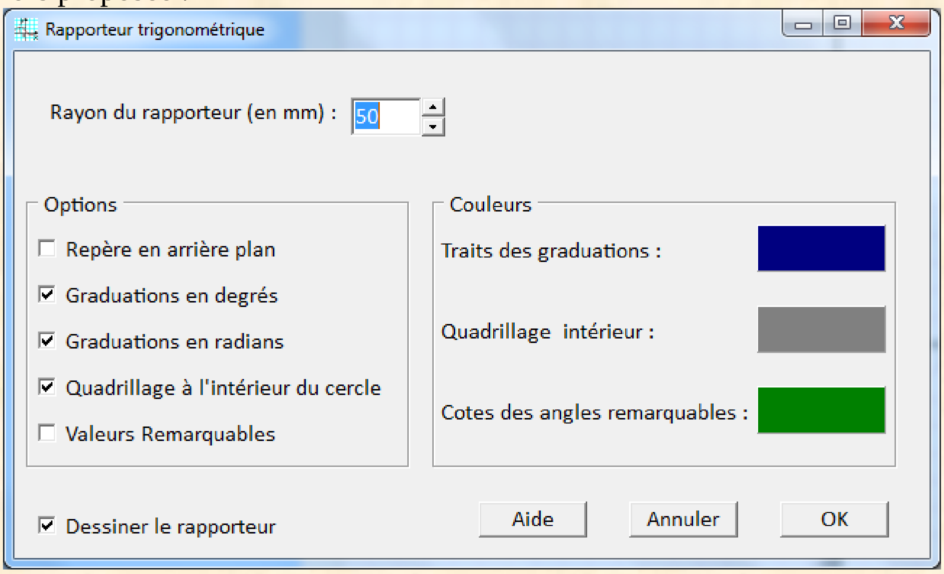
Ci-contre, un rapporteur trigonométrique avec les réglages suivants :

- graduations en degrés,
- graduations en radians,
- quadrillage intérieur,
- Rayon = 50 mm

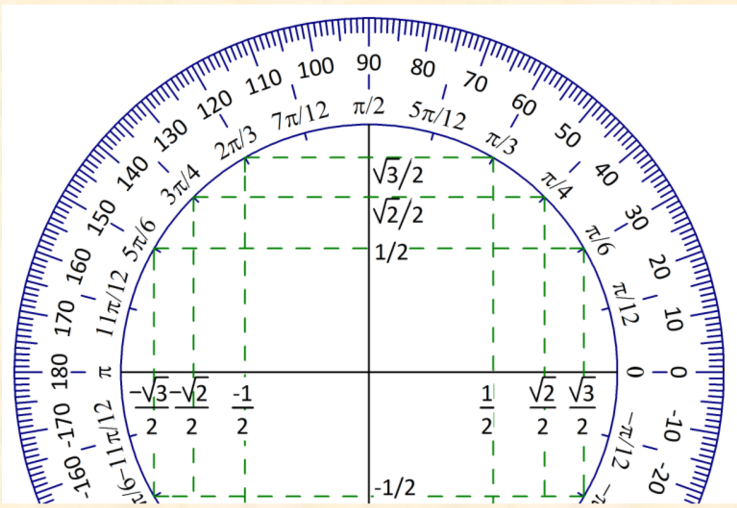
Bien entendu, il est possible de choisir les couleurs et un certain nombre d'options.

Réglages du rapporteur

La commande « définir un rapporteur » peut aussi être activée en cliquant sur le bouton . La fenêtre des réglages est alors proposée :

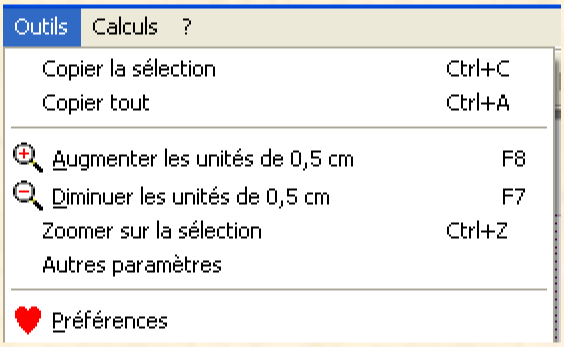


Le rayon du rapporteur est compris entre 40 et 100 mm.
On peut avoir les graduations en degrés seulement (pour le collège) ou en radians seulement, ou les 2 à la fois.
Le quadrillage intérieur du rapporteur est en option.
La case à cocher « valeurs remarquables » montre sur le dessin, les valeurs principales à connaître…



Préférences

(*Outils / Préférences*)



Les préférences servent à définir les valeurs standard concernant en particulier la mise en page et le repère.

Si le logiciel doit être utilisé par plusieurs personnes sur un ordinateur, il est préférable de ne pas modifier ces paramètres standard qui correspondent, en principe, au réglage le plus « normal ». Par contre, si vous êtes seul utilisateur du logiciel, vous pouvez définir ces réglages selon votre convenance.

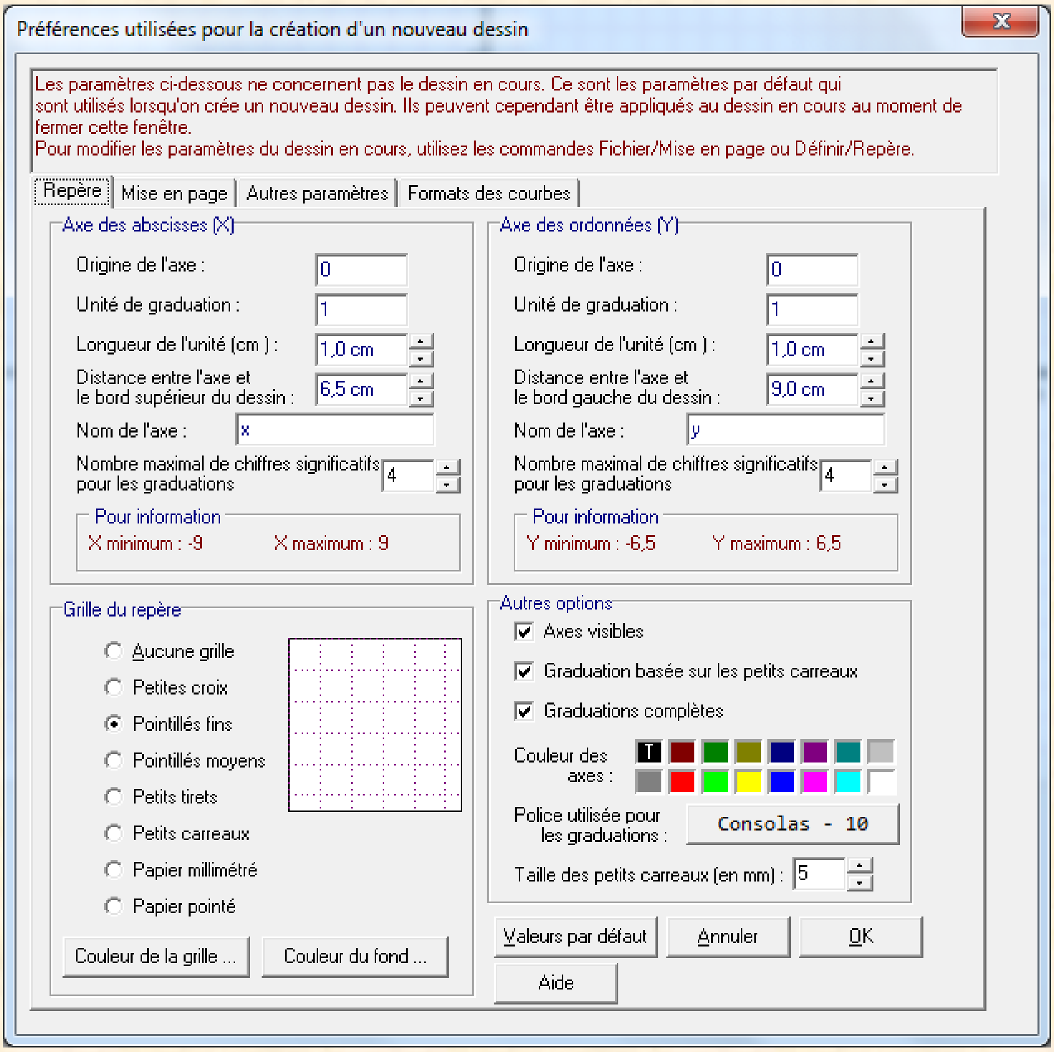
En revanche si le logiciel est installé en réseau, chacun peut enregistrer ses propres préférences car ce fichier se trouve dans le dossier « Mes documents » et chaque utilisateur, disposant d'un code d'accès au réseau, dispose automatiquement d'un dossier personnel.

Préférences pour le repère

(Outils / Préférences)

De très nombreux paramètres peuvent être réglés par défaut dans l'onglet « repère » :

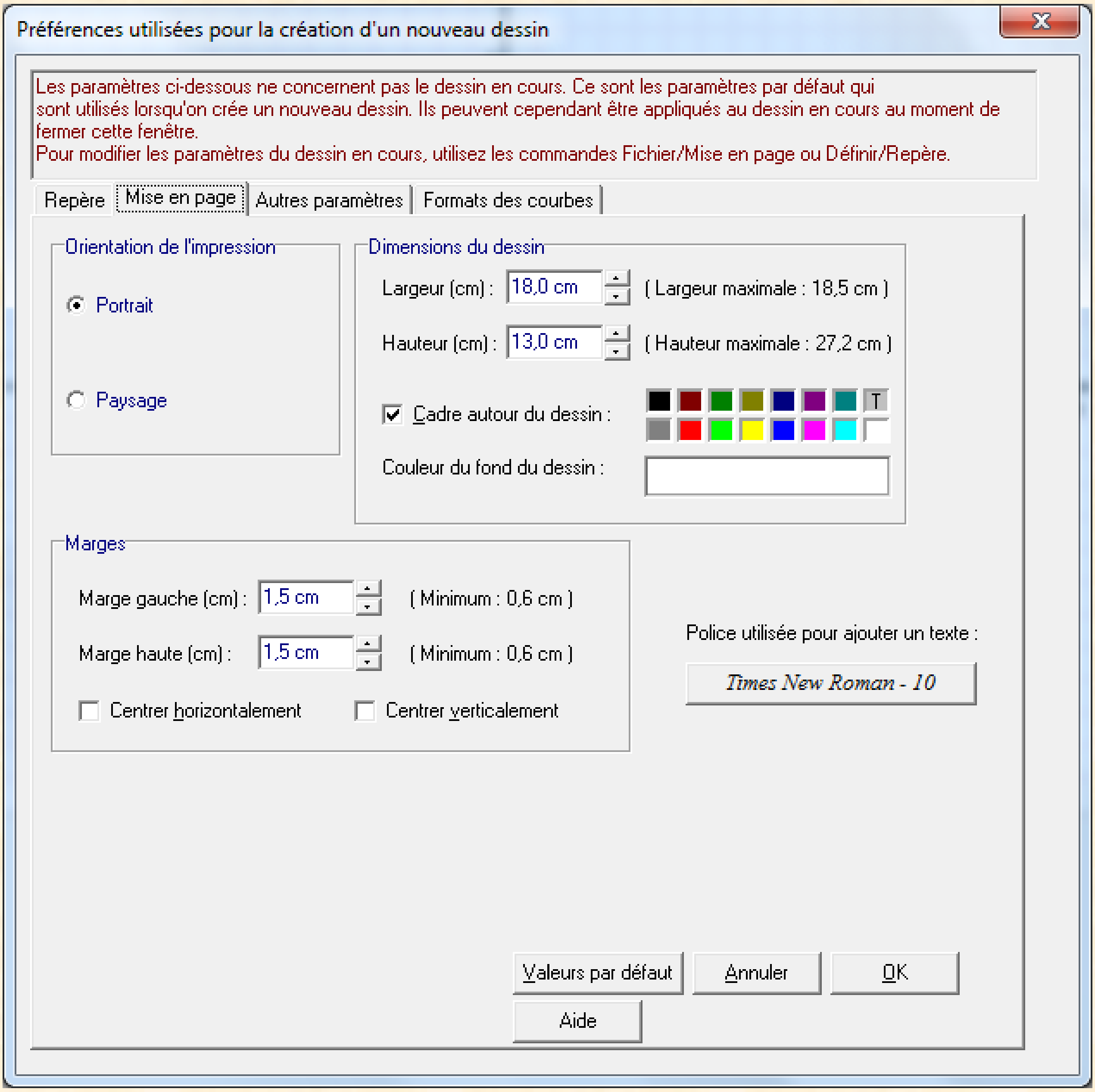
En cliquant sur le bouton OK, ces paramètres sont enregistrés dans un fichier texte nommé « Preferences_sqn.txt ». Ce fichier se trouve normalement dans le répertoire « Mes documents ». Il est possible de le consulter, indépendamment, à l'aide d'un traitement de texte quelconque, mais il est recommandé de ne pas le modifier via ce traitement de texte car le format du texte doit être très précis…



Remarque : il n'est pas possible de définir une échelle logarithmique par défaut sur l'un des axes.

Préférences pour la mise en page

L'onglet « mise en page » comporte moins d'options que l'onglet « repère ». On y retrouve tous les paramètres de réglages de la fenêtre Fichier / Mise en page. La différence entre les commandes *Outils/Préférences/Mise en page* et *Fichier/Mise en page* tient au fait que, dans le premier cas, les paramètres concernent les réglages par défaut au moment de créer un nouveau dessin alors que, dans le second cas, il s'agit de régler la disposition pour le dessin en cours.



Réglages standard

Lors de la première utilisation de *Sine qua non*, il n'y a aucune préférence définie par l'utilisateur et le logiciel utilise alors des valeurs par défaut, appelées réglages standard. Ces valeurs sont les suivantes :

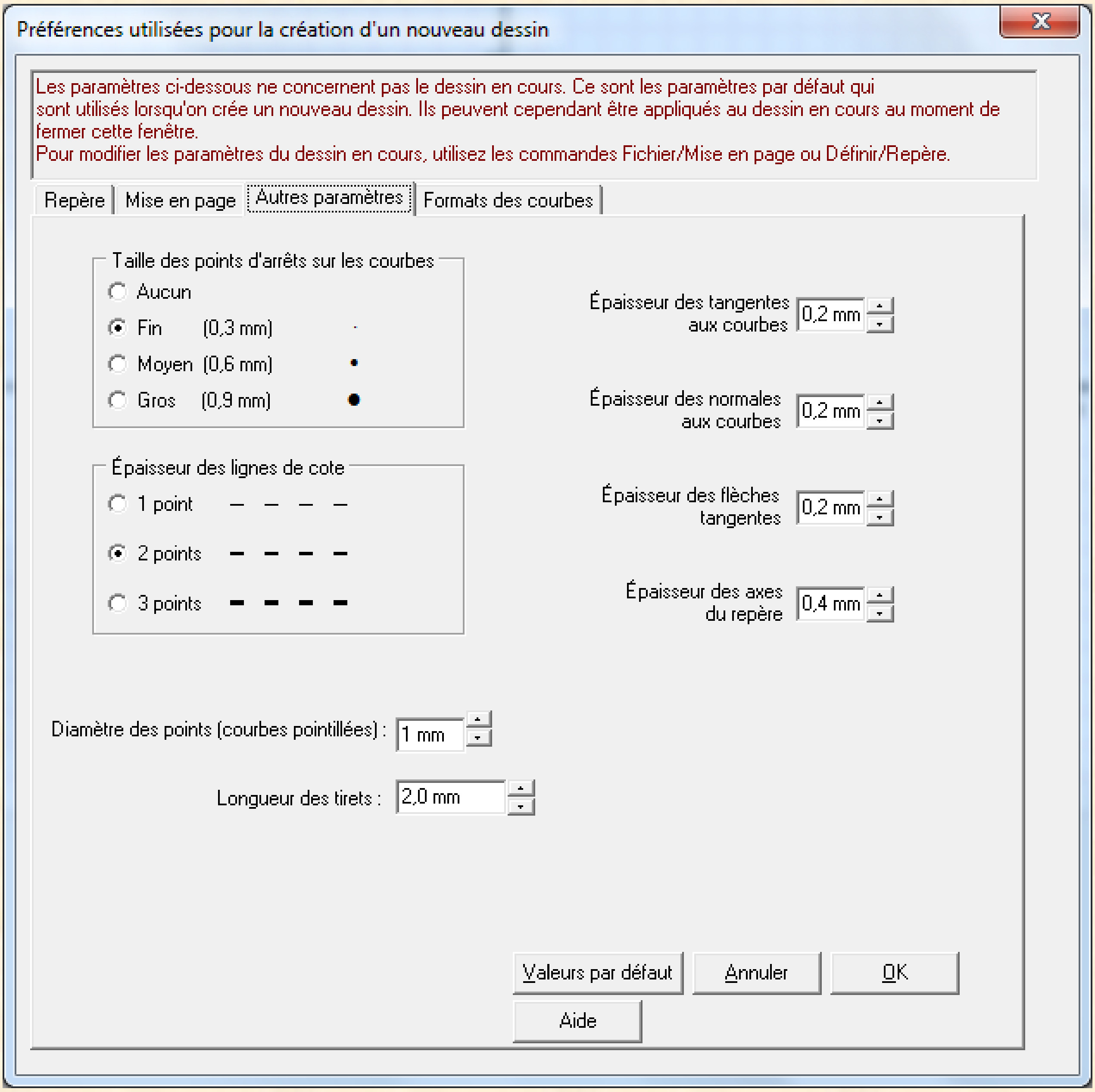
```
Orientation :Portrait
Cadre autour du dessin :Oui
Axes visibles :Oui
Graduations complètes :Oui
Graduations basées sur la grille :Oui
```

```
Centrer horizontalement :Non
Centrer verticalement :Non
Zoom :100
Style grille :Pointillés fins
Largeur du dessin en mm :180
Hauteur du dessin en mm :130
Marge gauche en mm :15
Marge haute en mm :15
Distance de l'axe Ox en mm :65
Distance de l'axe Oy en mm :90
Longueur de l'unité sur Ox en mm :10
Longueur de l'unité sur Oy en mm :10
Unité de graduation sur Ox :1
Unité de graduation sur Oy :1
Format des unités sur Ox :1
Format des unités sur Oy :1
T minimum :-pi
T maximum :pi
Nombre de valeurs de T :400
Origine de l'axe Ox :0
Origine de l'axe Oy :0
Couleur du cadre :12632256   16777215
Couleur des axes :0
Couleur de la grille :8388736
Police pour les textes :Times New Roman
Taille :10
Style :Italique
Couleur :0
Police pour les graduations :Courier New
Taille :10
Style :Normal
Couleur :0
Taille des points d'arrêt :0,3
Epaisseur des lignes de cote :2
Epaisseur des tangentes :2
Epaisseur des normales :2
Epaisseur des flèches tangentes :2
Epaisseur des axes du repère :2
Nom de l'axe des abscisses :x
Nom de l'axe des ordonnées :y
Nombre de chiffres significatifs des graduations Ox :4
Nombre de chiffres significatifs des graduations Oy :4
Diamètres des points (courbes pointillées) en 10e de mm :10
Couleur des fonctions :0
Couleur des courbes paramétrées :0
Couleur des droites :0
Epaisseur des fonctions :2
Epaisseur des courbes paramétrées :2
Epaisseur des droites :2
Style des fonctions :0
Style des courbes paramétrées :0
Style des droites :0
Longueur des tirets :20
Taille des petits carreaux :5
Anti-Crénelage :oui
```

Le texte ci-dessus correspond au fichier « preferences_sqn.txt » lorsqu'on ne modifie aucun des réglages par défaut. Les couleurs sont désignées par des nombres, en particulier la couleur 0 correspond au noir…

Autres paramètres

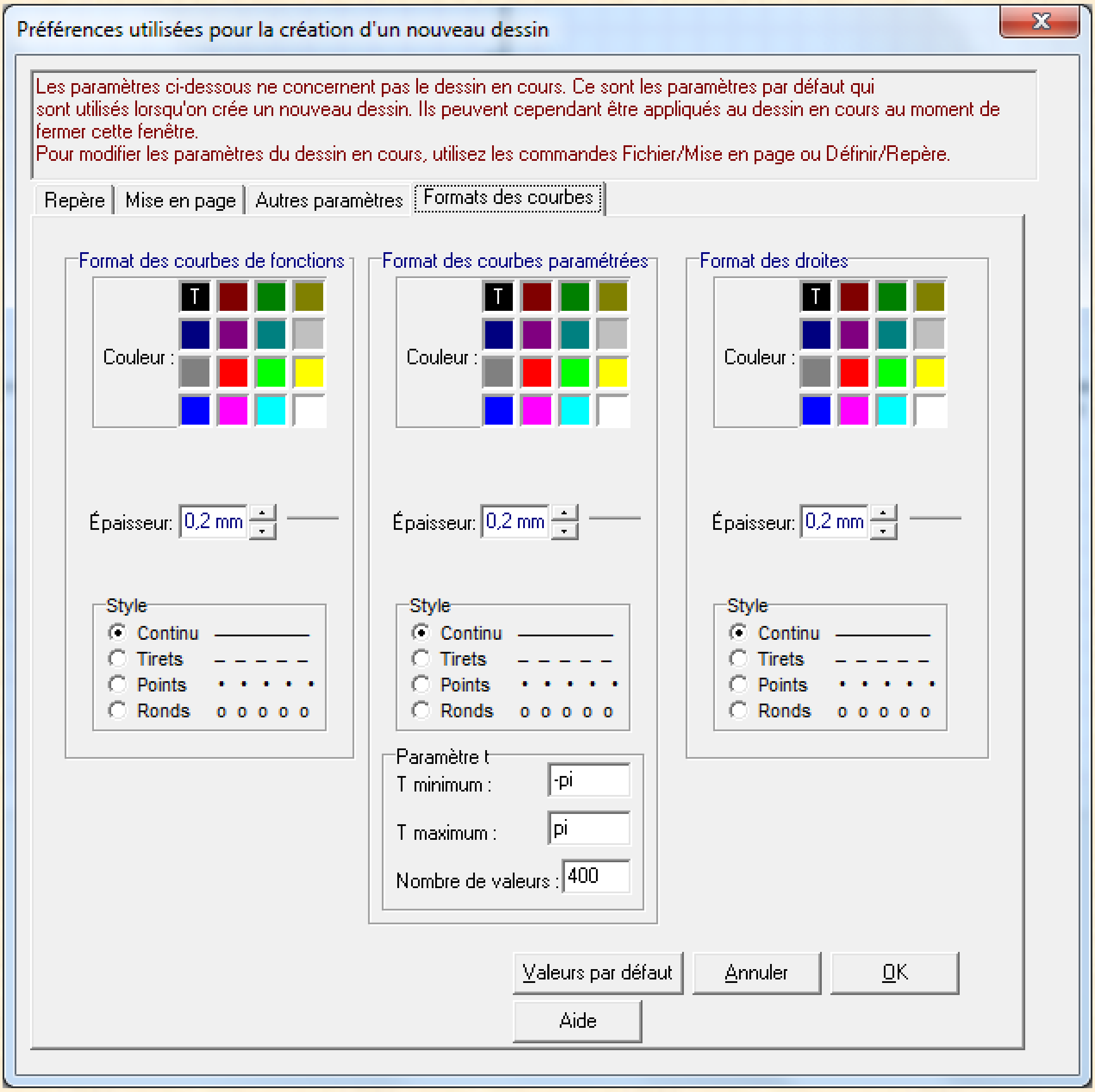
La commande *Outils/Autres paramètres* permet de faire quelques réglages supplémentaires, essentiellement en ce qui concerne l'épaisseur de certains traits :



Cet écran est exactement le même que celui obtenu par *Outils/Préférences* et en cliquant sur l'onglet « Autres paramètres », à ceci près que, dans ce dernier cas, il s'agit de définir les réglages par défaut utilisés au moment de la création d'un nouveau dessin.

Format des courbes

Cette commande permet de définir les réglages par défaut des courbes (fonctions, courbes paramétrées et droites).



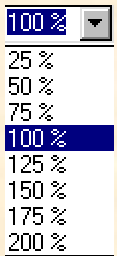
Affichage

Pour pouvoir travailler convenablement avec *Sine qua non*, il est indispensable d'avoir une résolution d'écran suffisante : au moins 800 x 600 points.

Plusieurs commandes permettent d'agir sur l'affichage :

- le zoom proprement dit
- la taille des unités de graduation réglable par boutons
- le zoom sur une zone sélectionnée

Réglage du zoom



Cette commande s'obtient en faisant dérouler la liste des options proposées dans la barre d'outils. On peut aussi faire rouler la molette tout en appuyant sur la touche Ctrl.

Le pourcentage du zoom n'agit que sur l'affichage, pas sur le document imprimé !

Il est possible de continuer à travailler quelque soit le réglage du zoom. En particulier on peut déplacer les marges, l'origine du repère, en faisant glisser la souris.

Augmenter ou diminuer les unités de 0,5 cm

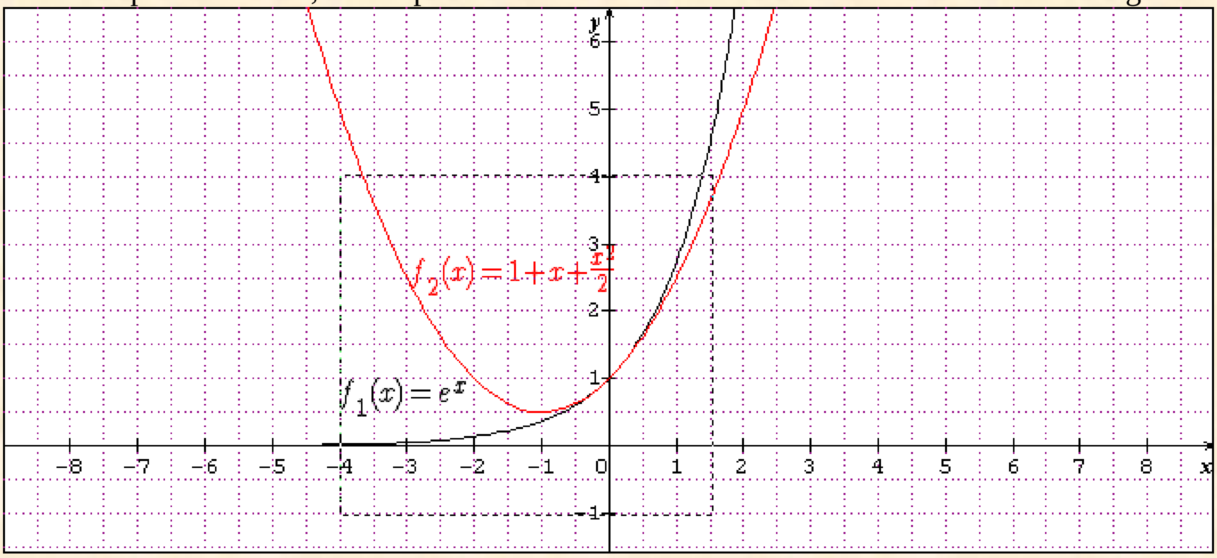
On peut trouver, dans la barre d'outils, 2 boutons , très pratiques qui permettent d'augmenter ou de diminuer les unités de 0,5 cm sur les axes. Ces commandes agissent simultanément sur les 2 axes. On peut réitérer la commande « augmenter les unités » autant de fois que l'on veut jusqu'à ce que l'une des unités atteint le bord du dessin. De même on peut cliquer plusieurs fois sur le bouton « diminuer les unités » tant que les 2 unités sont supérieures à 0,5 cm.

On peut aussi utiliser la molette de la souris tout en appuyant sur la touche Majuscule.

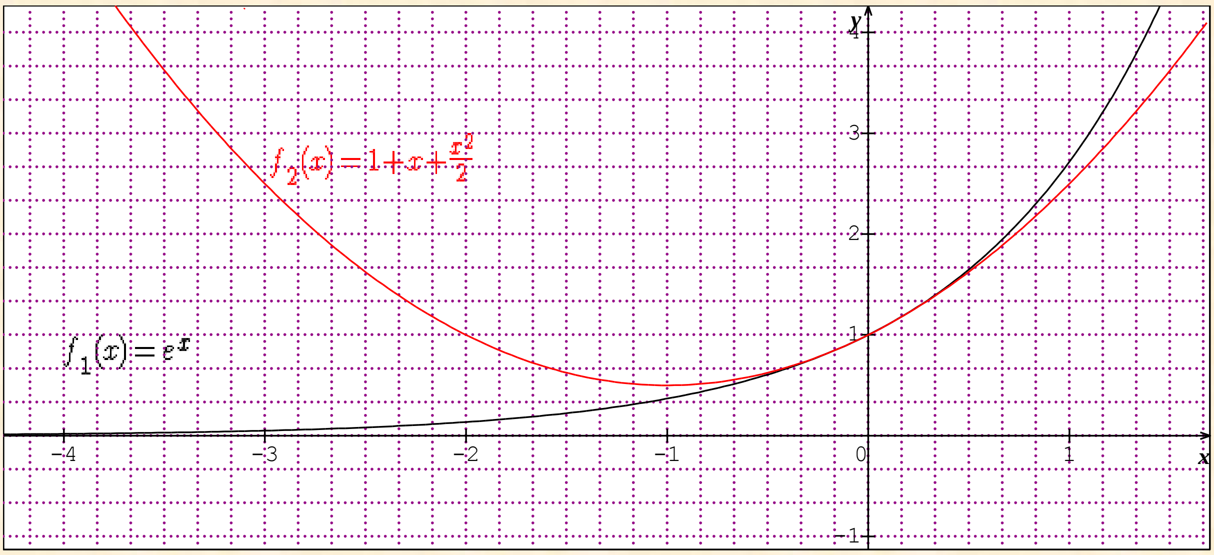
Si on veut régler indépendamment la longueur des unités sur chacun des axes, il faut utiliser la commande Définir / repère.

Zoom sur une zone sélectionnée

Cette commande permet d'agrandir rapidement une zone quelconque de l'écran.
Su l'exemple ci-dessous, on a représenté 2 fonctions et on a sélectionné une zone rectangulaire :



En effectuant la commande *Outils/Zoomer sur la sélection* (raccourci : Ctrl+Z), on agrandit la zone sélectionnée :

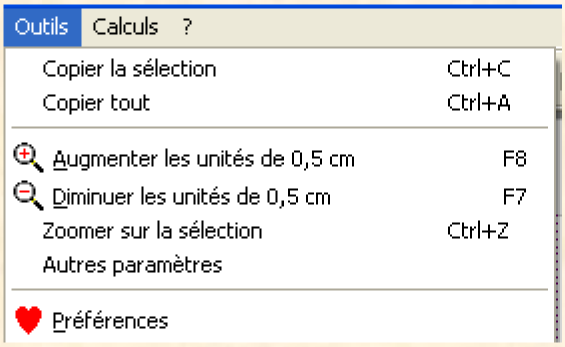


Remarque : un second appui sur Ctrl Z permet de revenir à l'affichage précédent.

Utilisation du presse papier

Le menu *Outils* propose 2 commandes particulièrement utiles :

- Copier la sélection
- Copier tout



Ces deux commandes permettent de sélectionner une partie ou la totalité du dessin et de la copier dans le presse papier pour être récupérée par un autre logiciel.

Pour exporter les images sous forme de fichier, voir page 90.

Copier la sélection

Il faut cliquer avec le bouton gauche de la souris et faire glisser en diagonale la souris pour sélectionner une zone rectangulaire du dessin.

Ensuite, il faut utiliser la commande *Outils / Copier la sélection*. (raccourci : Ctrl+C)

Il est possible alors d'ouvrir, par exemple, le traitement de texte Word, et de copier ce morceau de dessin avec la commande *Edition / coller*. (raccourci : Ctrl+V)

Copier tout

Cette commande place la totalité du dessin dans le presse-papier de Windows. Ce dessin peut alors être récupéré et recollé dans un autre logiciel … (raccourci : Ctrl+A)

Calculs

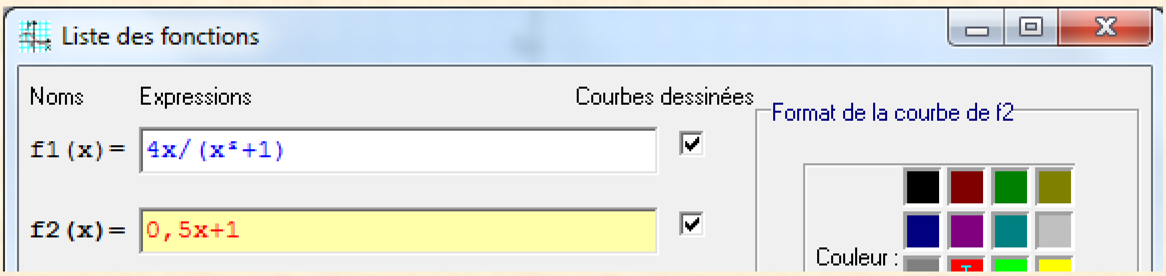
Résoudre une équation …

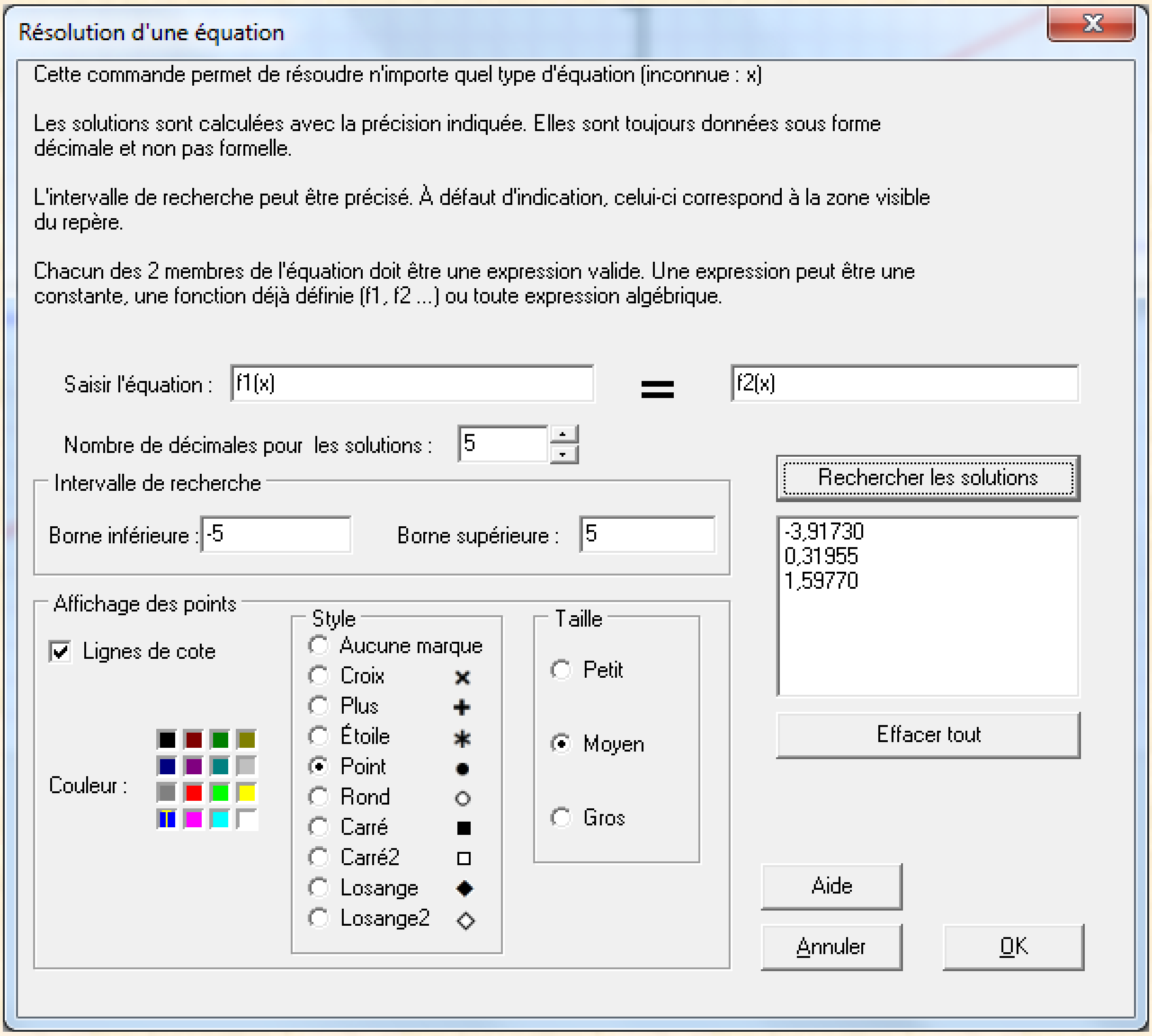
La commande *Calculs/Résoudre une équation* permet de résoudre toute sorte d'équations. Il ne s'agit pas de résolution formelle mais de solutions approchées et de visualisation graphique.

Supposons par exemple que nous devions rechercher les points d'intersection des courbes représentatives des fonctions f_1 et f_2 définies par :

$$f_1(x) = \frac{4x}{x^2+1}$$
$$f_2(x) = 0{,}5x+1$$

Voici comment il faut procéder, après avoir défini les fonctions f_1 et f_2 :





L'appui sur le bouton "Rechercher les solutions" provoque l'affichage des valeurs approchées et en cliquant sur OK, on obtient l'interprétation graphique :

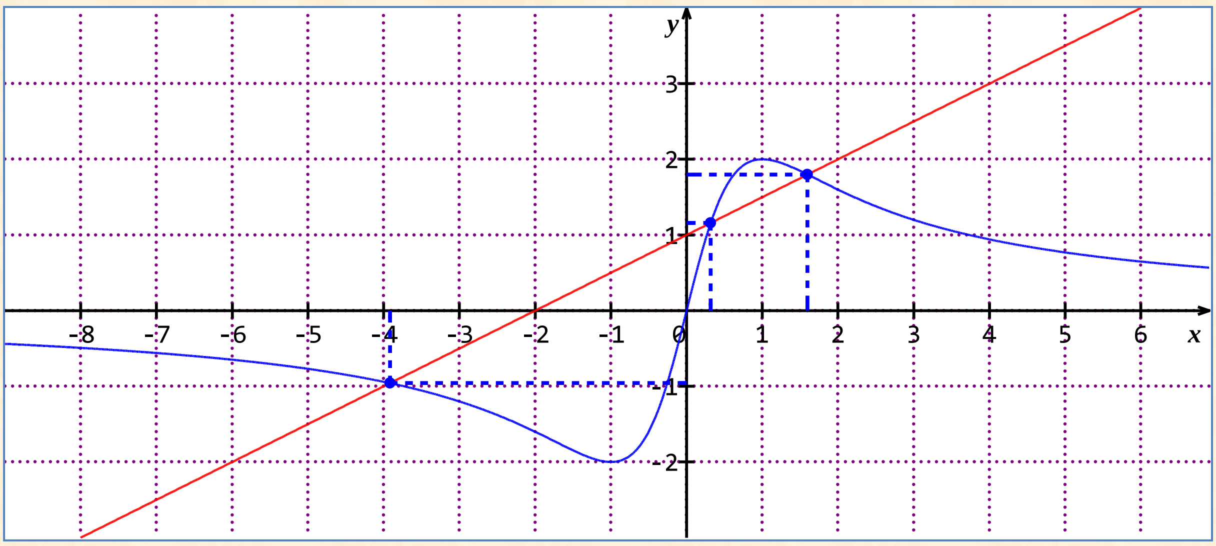
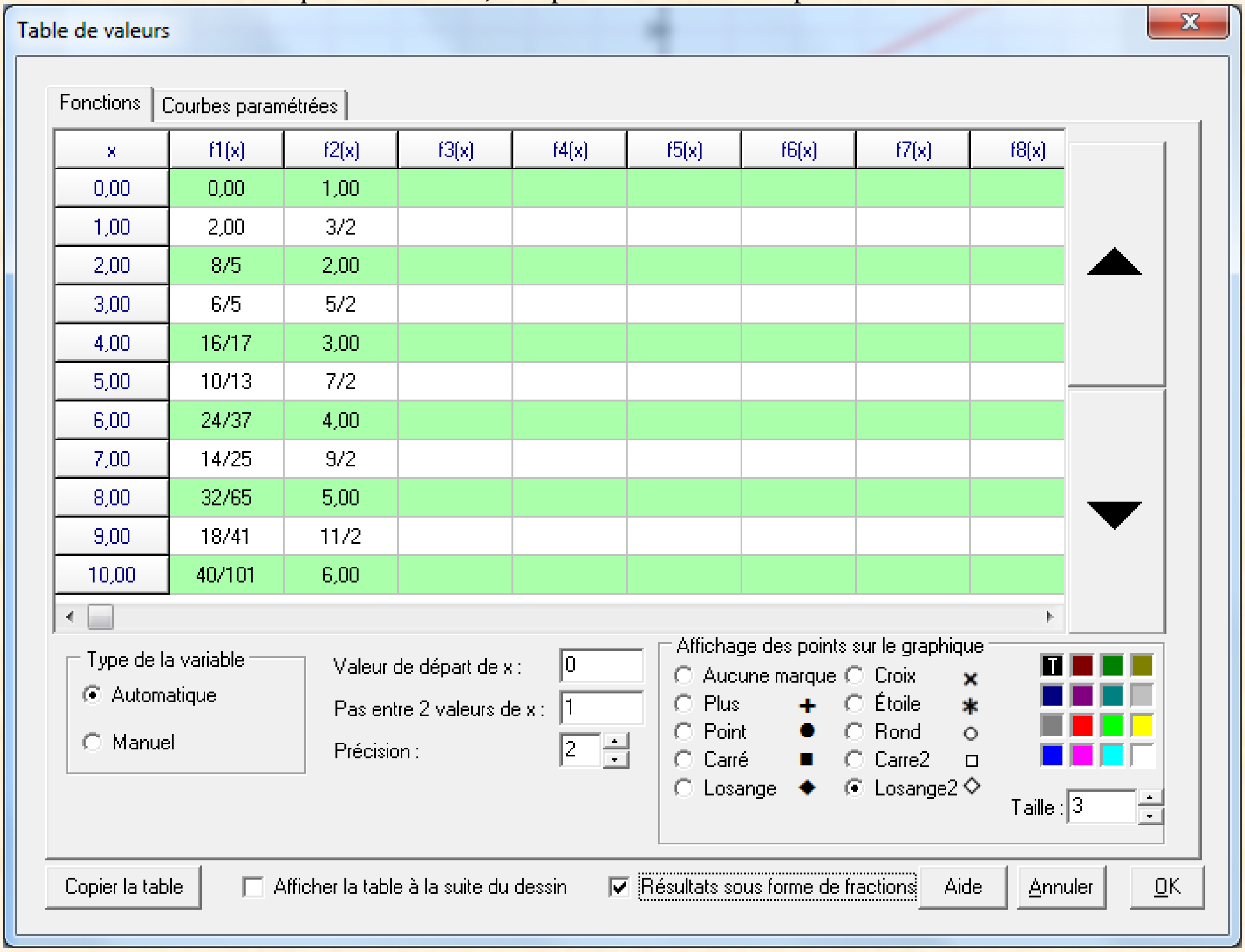
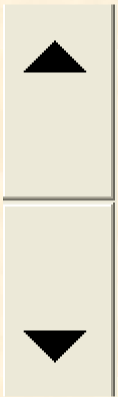


Table de valeurs …

Comme sur les calculatrices (et bien mieux même), on peut obtenir des tables de valeurs, soit pour les 10 fonctions définies par l'utilisateur, soit pour les 10 courbes paramétrées :



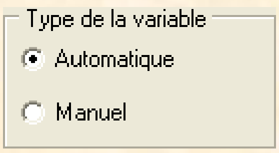
x	f1(x)	f2(x)	f3(x)	f4(x)	f5(x)	f6(x)	f7(x)	f8(x)
0,00	0,00	1,00						
1,00	2,00	3/2						
2,00	8/5	2,00						
3,00	6/5	5/2						
4,00	16/17	3,00						
5,00	10/13	7/2						
6,00	24/37	4,00						
7,00	14/25	9/2						
8,00	32/65	5,00						
9,00	18/41	11/2						
10,00	40/101	6,00						



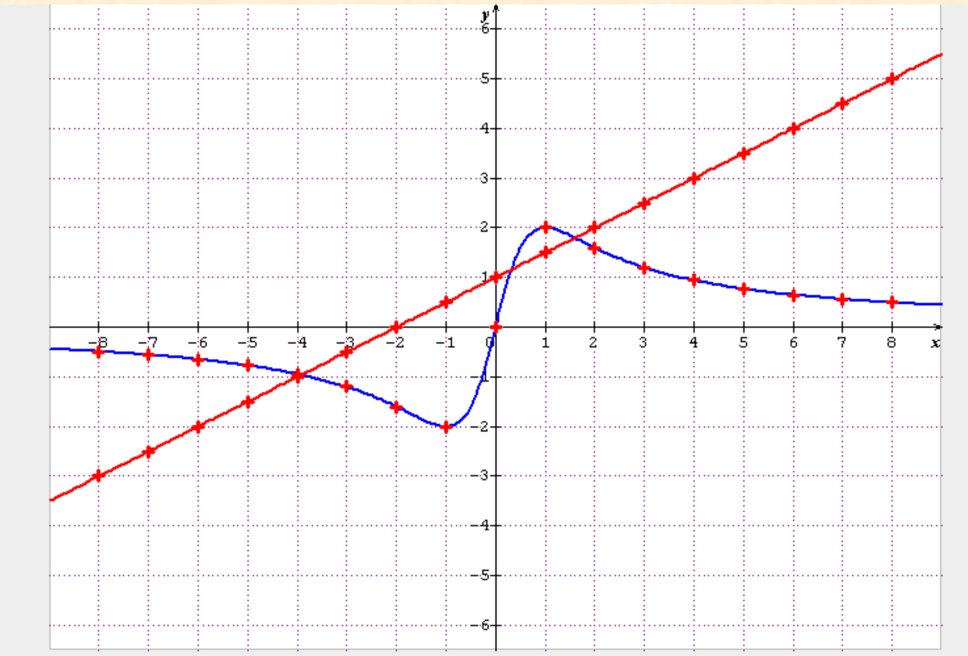
Dans le cas ci-dessus, il s'agit de tables générées en mode automatique (c'est-à-dire avec une valeur de départ pour *x* et un pas entre les valeurs de *x* définis par l'utilisateur). La table ne montre que 10 valeurs mais les 2 flèches à droite permettent de faire défiler les valeurs en avant ou en arrière, même en deçà de la valeur de départ.

On peut aussi opter pour une table obtenue en mode manuel. Dans ce cas, c'est l'utilisateur qui précise les valeurs de *x* :

x	f1(x)	f2(x)	f3(x)	f4(x)
0	0,00	1,00		
0,4	1,38	1,20		
0,5	1,60	1,25		
0,55	1,69	1,27		



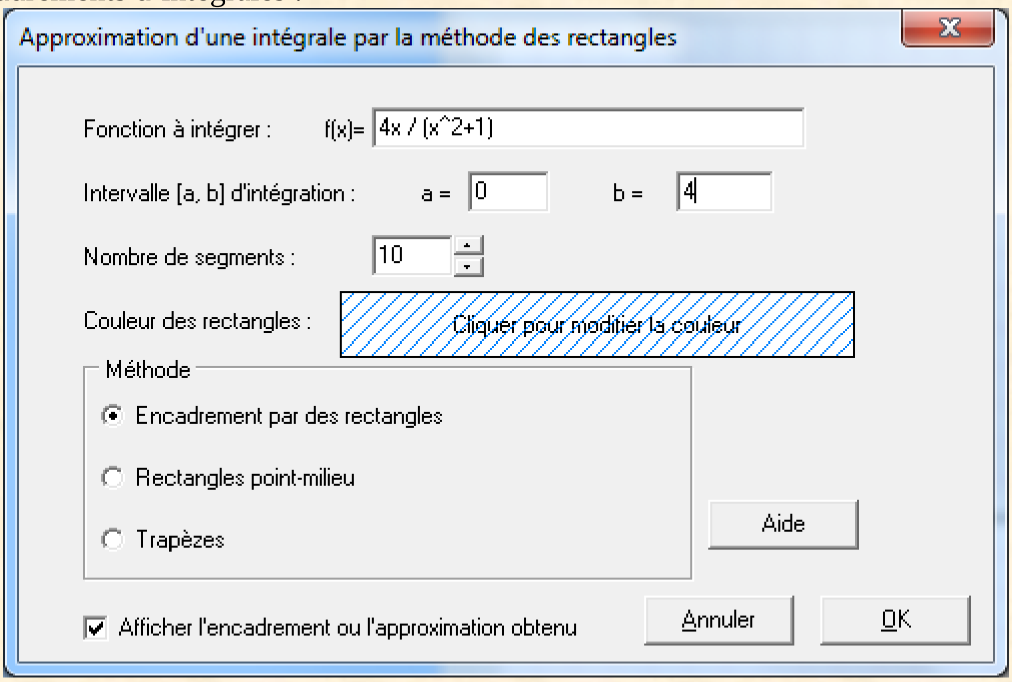
Le bouton [Copier la table] permet de récupérer, via le presse-papier, la table de valeurs pour la recoller dans un traitement de texte par exemple (ou dans un tableur).
Les calculs peuvent être (si c'est possible) affichés sous forme de fractions en cochant la case ☑ Résultats sous forme de fractions. De plus, les valeurs de *x* peuvent être des expressions calculées (3/4 ou (racine(3)+1)/2 par exemple).
On peut aussi, grâce à l'option ☐ Afficher la table à la suite du dessin, imprimer la table à la suite de la courbe (ou des courbes) :



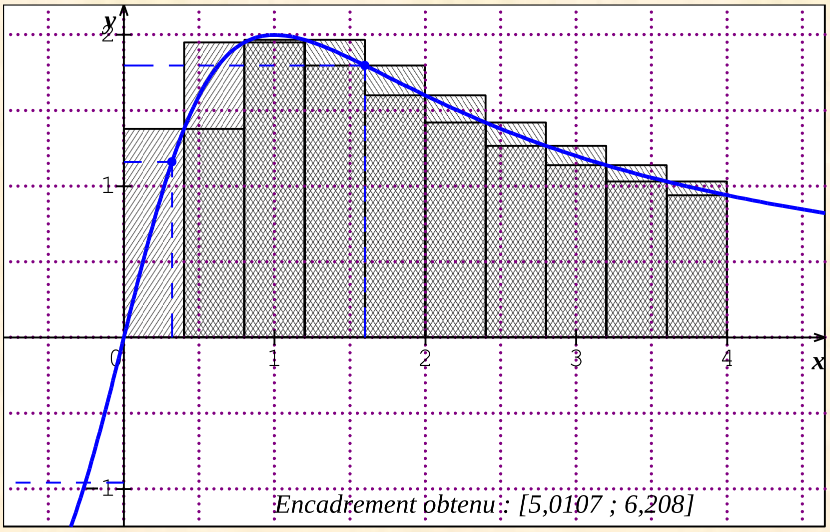
x	f1(x)	f2(x)	f3(x)	f4(x)	f5(x)	f6(x)	f7(x)	f8(x)	f9(x)	f10(x)
0,00	0,00	1,00								
1,00	2,00	3/2								
2,00	8/5	2,00								
3,00	6/5	5/2								
4,00	16/17	3,00								
5,00	10/13	7/2								
6,00	24/37	4,00								
7,00	14/25	9/2								
8,00	32/65	5,00								
9,00	18/41	11/2								
10,00	40/101	6,00								

Approximation d'une intégrale par la méthode des rectangles ou des trapèzes

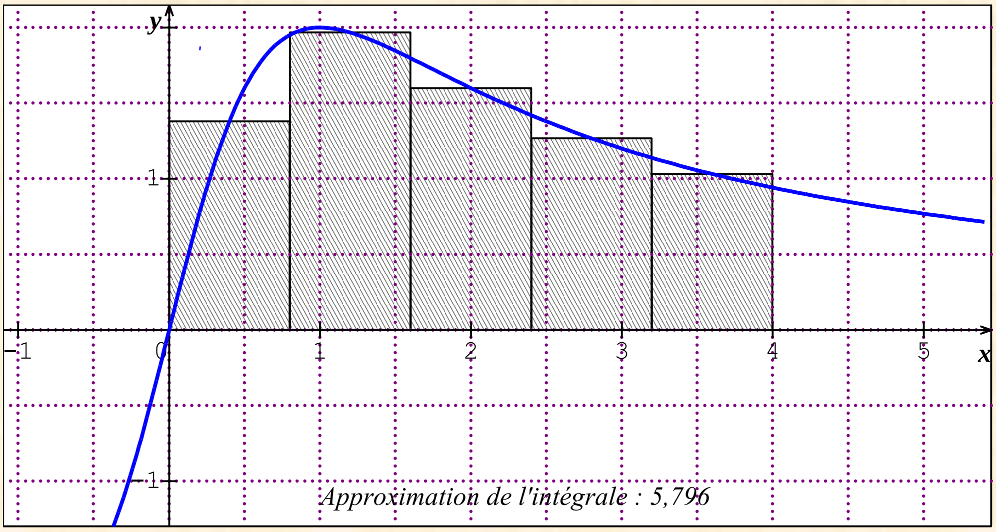
Il s'agit ici, (menu *Calculs/Intégration : méthode des rectangles, trapèzes…*), de réaliser facilement des encadrements d'intégrales :



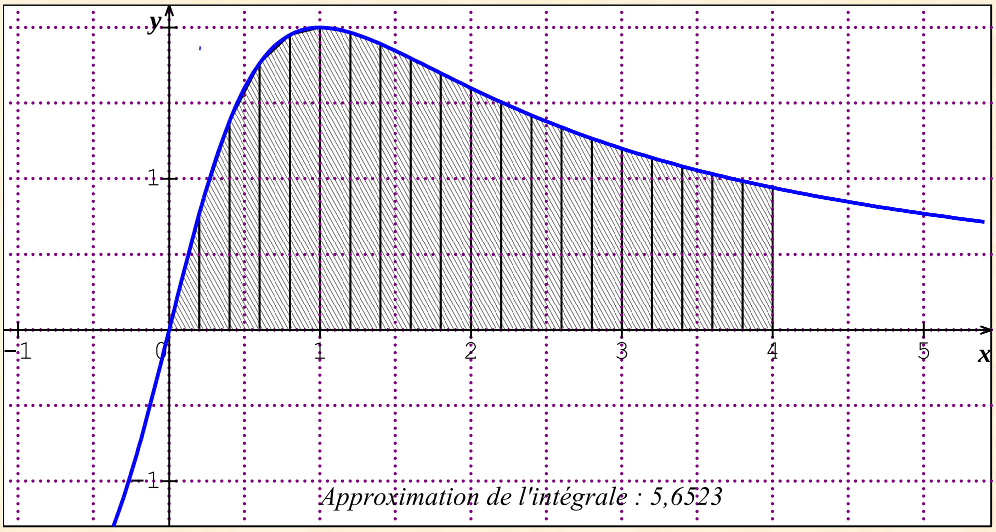
Voici le résultat obtenu :



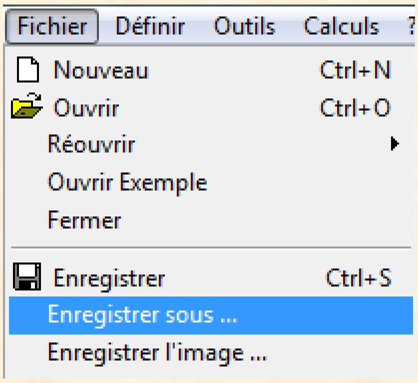
Bien entendu, on peut modifier le nombre de segments et la méthode. Voici par exemple, une valeur approchée de l'intégrale par la méthode des rectangles "point-milieu" avec 5 segments :



Avec 20 trapèzes on obtient ceci :



Enregistrer et Ouvrir



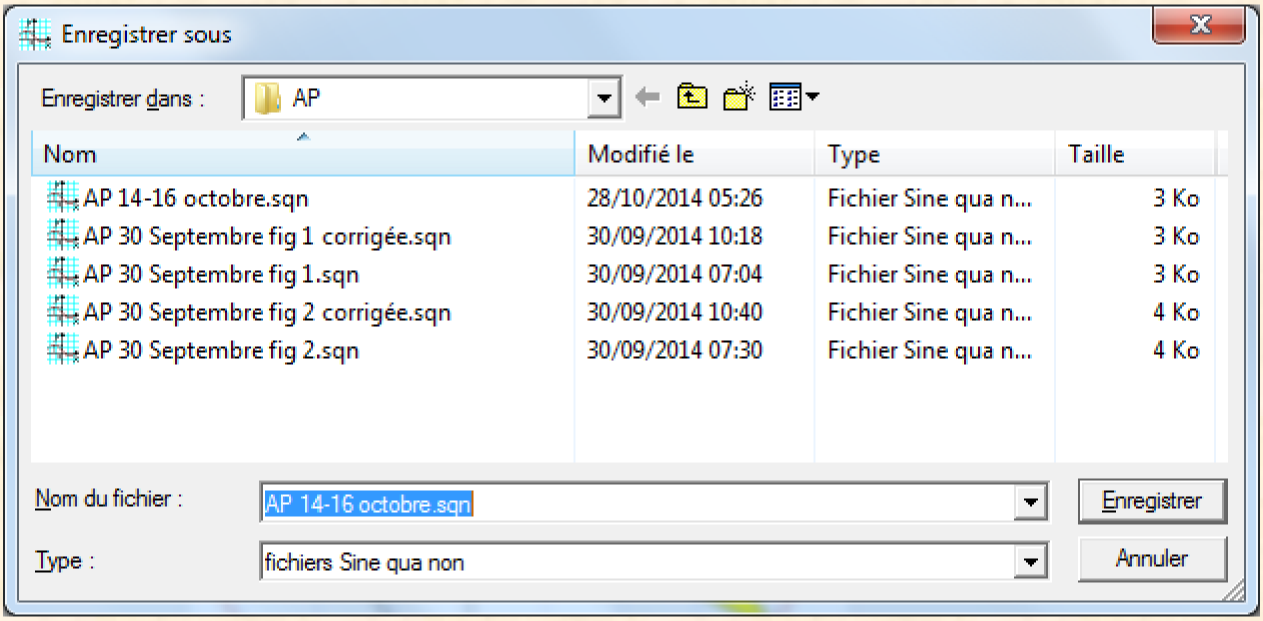
Le logiciel Sine qua non prévoit 3 commandes différentes à la fois pour l'enregistrement et l'ouverture de fichiers.

Enregistrer Ctrl+S

Cette commande permet d'enregistrer, sous la forme d'un fichier texte (mais avec l'extension .sqn), le dessin en cours.
S'il s'agit d'un dessin que l'on vient de créer et qui n'a pas encore de titre, alors c'est la boîte de dialogue "Enregistrer sous…" qui est affichée.

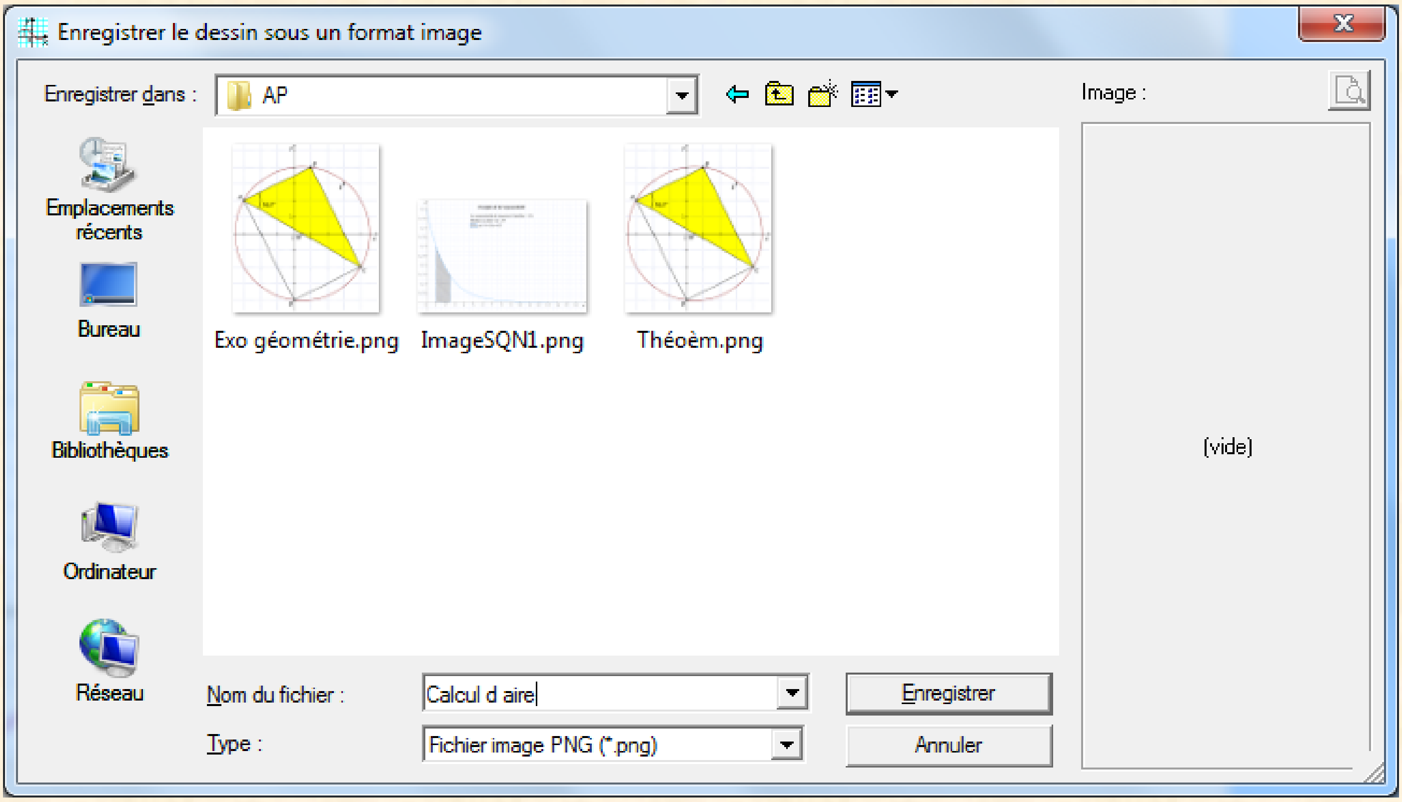
Enregistrer sous …

Cette commande permet d'enregistrer un dessin en changeant son nom. Cela permet d'avoir plusieurs versions d'un même document de base. Le type de fichiers est, par défaut, "Sine qua non" : l'extension est ".sqn", mais il est également possible d'enregistrer les dessins au format txt. D'une manière générale, les dessins sont enregistrés sous forme de fichiers textes, comportant la liste de toutes les définitions du dessin. On peut donc ouvrir les fichiers sinequanon avec un traitement de texte quelconque, même s'ils portent l'extension .sqn.



Enregistrer l'image (export aux formats jpg bmp emf wmf gif png et eps)…

On peut aussi enregistrer le document sous la forme d'un fichier image. Ceci est indispensable si on veut inclure une image dans un document créé par un logiciel qui ne reconnaît pas les images au format Windows (format .emf utilisé par défaut par la commande copier-coller) ou bien lorsqu'on veut mettre une image en pièce jointe à un message électronique ou bien encore, lorsqu'on veut poster une image sur un forum de discussion. Le logiciel Sine qua non propose ainsi plusieurs formats comme on le voit ci-dessous :



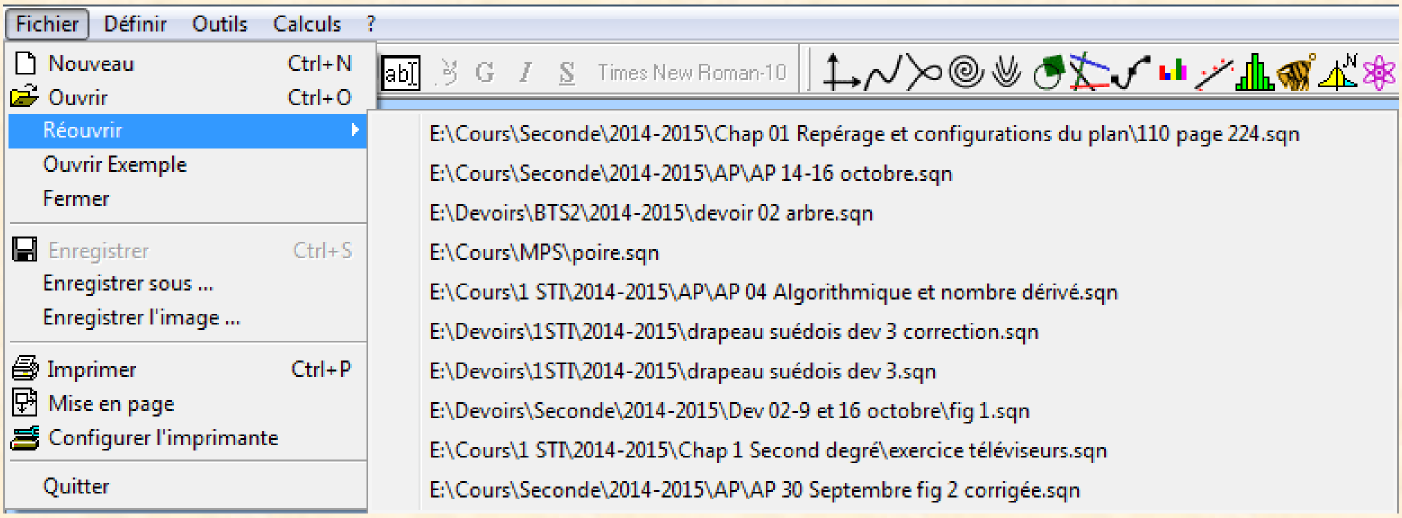
Parmi tous ces formats, il y a les formats "bitmap" (bmp, gif, jpg et png) qui conviennent bien pour une utilisation à l'écran ou sur internet, et les formats vectoriels (wmf, emf et eps) qui, eux, sont plus adaptés pour obtenir une qualité d'impression irréprochable. En particulier, le format eps peut être directement importé ensuite dans un document LaTeX.

Ouvrir Ctrl+O

Cette commande permet de récupérer un dessin déjà enregistré. Attention : seuls les dessins enregistrés au format normal (extension .sqn) peuvent être ouverts. Si le fichier a été enregistré sous la forme d'une image, il faut utiliser un logiciel capable de le traiter (paint, infantview, Paint.net, The Gimp…)

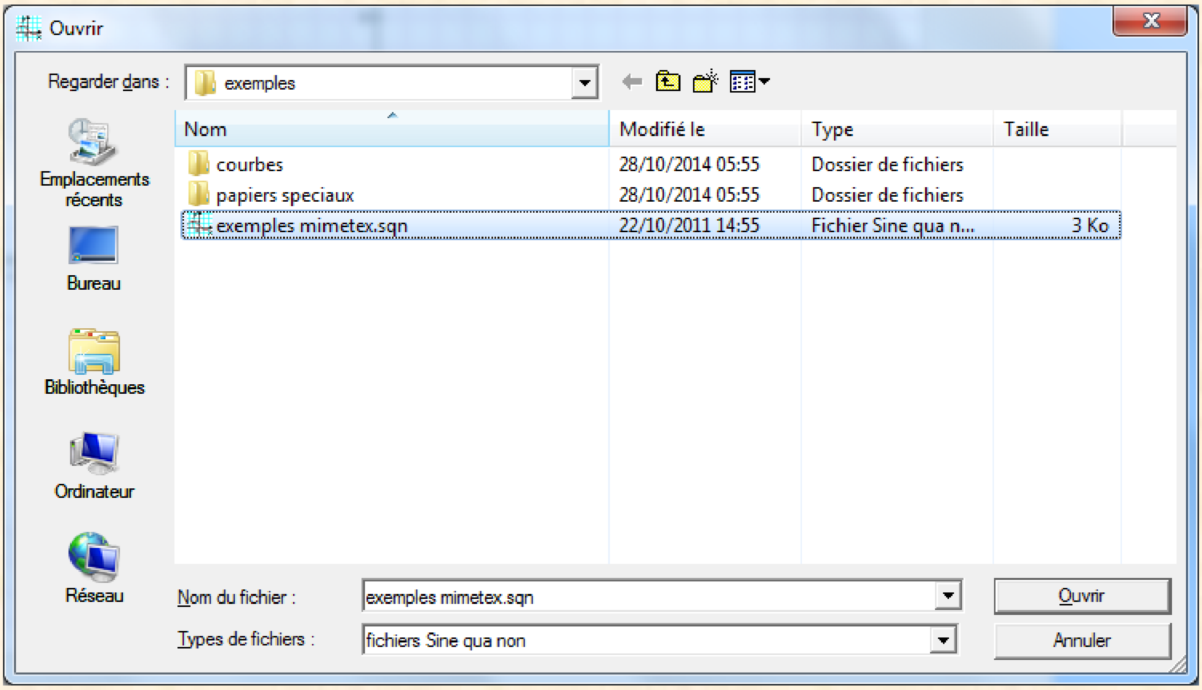
Réouvrir …

Cette commande permet de retrouver rapidement l'un des 10 derniers fichiers enregistrés récemment :



Ouvrir Exemple …

Cette commande permet d'ouvrir l'un des exemples de dessins fournis avec le logiciel Sine qua non. Si les exemples n'ont pas été installés, alors c'est la boîte de dialogue "Ouvrir" standard qui apparaît.



Droits d'utilisation et de copie du logiciel Sine qua non

*Sine qua non a été réalisé sous Delphi 7 à des fins personnelles. Étant professeur de mathématiques dans un lycée (Lycée Notre Dame de Fontenay le Comte), je l'utilise très souvent, soit pour inclure une figure dans un document, soit avec mes élèves. Depuis plusieurs années, un collègue, **Patrick Pradeau**, s'est joint à moi pour assurer un meilleur développement du logiciel. En particulier, Patrick est à l'origine du développement des expressions LaTeX avec l'utilisation de la Dll améliorée mimetexHR.dll. Il a également réalisé 2 modules : tableaux de signes et de variation ainsi que loi exponentielle. Vous pouvez également retrouver ses autres logiciels sur son site : http://ppradeau.perso.neuf.fr/*

Si des collègues y trouvent quelqu'intérêt, je les autorise bien volontiers à l'utiliser et à le diffuser librement auprès de leurs élèves. Je ne garantis absolument pas qu'il n'y ait pas d'erreurs dans ce logiciel et je serai reconnaissant à ceux qui en trouveront de me les signaler. N'hésitez pas également à me proposer des améliorations : j'essaierai de les inclure dans une prochaine version.
Pour me joindre : *patrice.rabiller@orange.fr*
Pour joindre Patrick Pradeau : *patrick.pradeau@gmail.fr*

Corrections de bugs

Malgré toutes les précautions qu'on peut prendre, il reste toujours des erreurs dans tous les logiciels. *Sine qua non* ne fait pas exception à cette règle. Dès qu'une erreur m'est signalée, je m'efforce de la corriger le plus vite possible. Je donne la description de la correction sur mon site à l'adresse :
http://www.patrice-rabiller.fr/SineQuaNon/menusqn.htm
Cependant, ce mode d'emploi, lui, n'est pas mis à jour très souvent ☹.

Améliorations

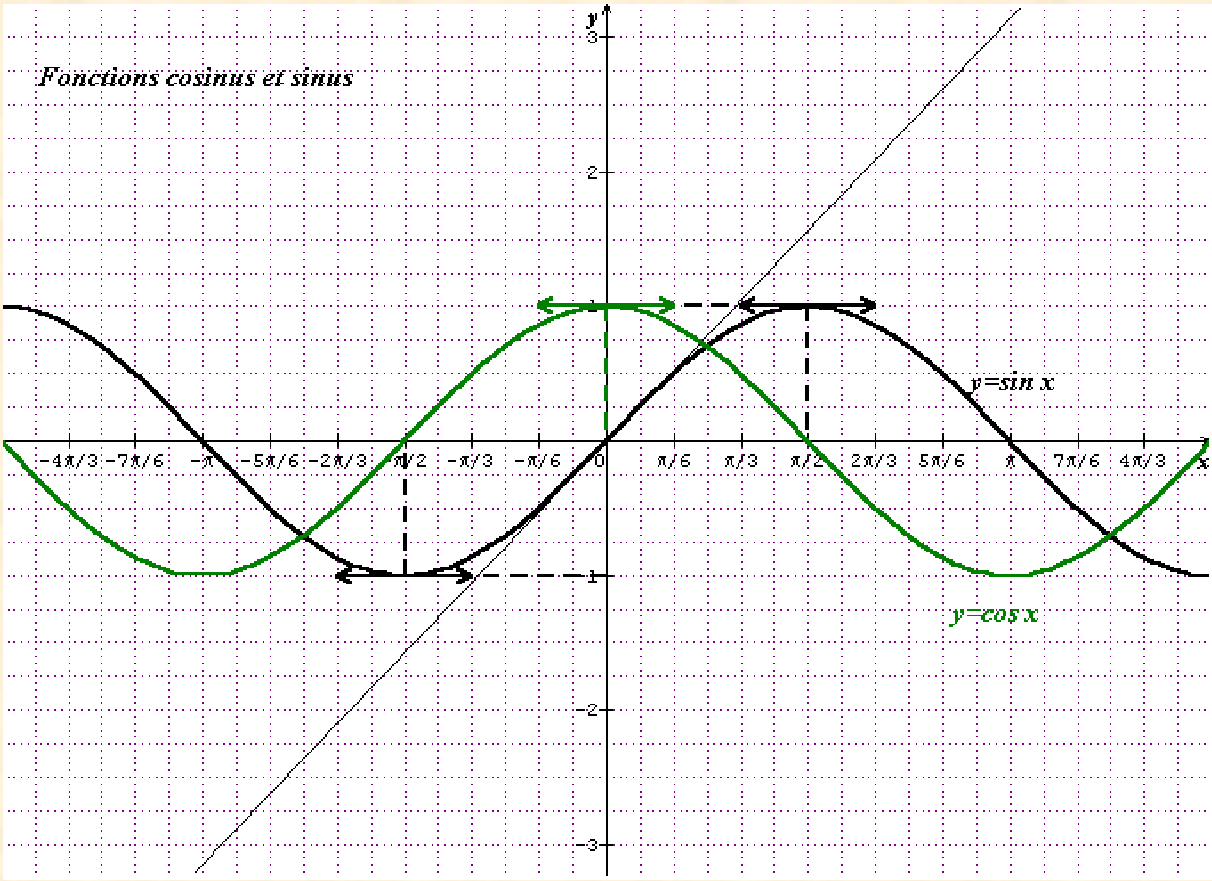
Un logiciel ne survit que s'il est évolutif. Je reçois régulièrement de demandes d'améliorations auxquelles j'essaie de répondre favorablement chaque fois que c'est possible. N'hésitez pas à demander vous aussi…

Sources du logiciel

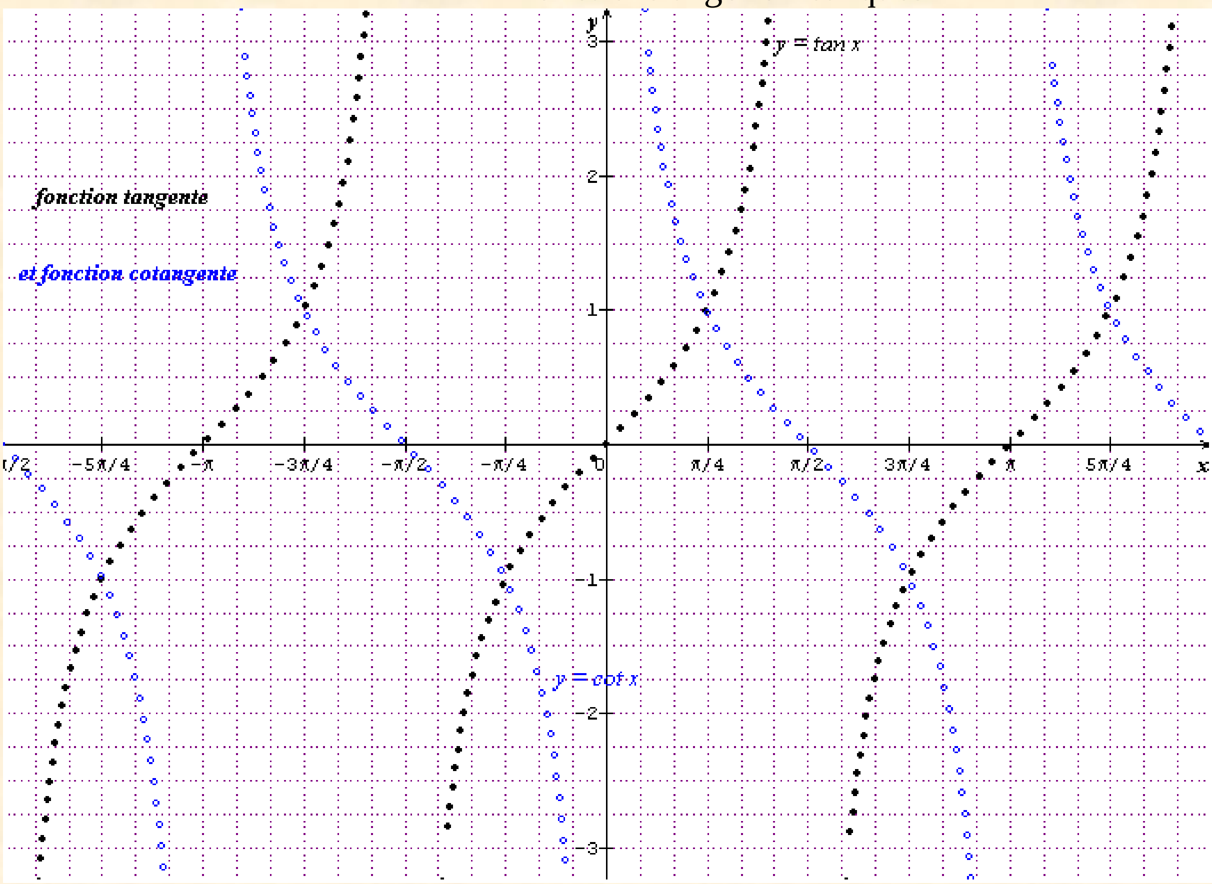
Les sources complètes du logiciel sont téléchargeables sur le site. Elles sont écrites en Pascal (Delphi-Pascal Objet) et compilables avec Delphi7.

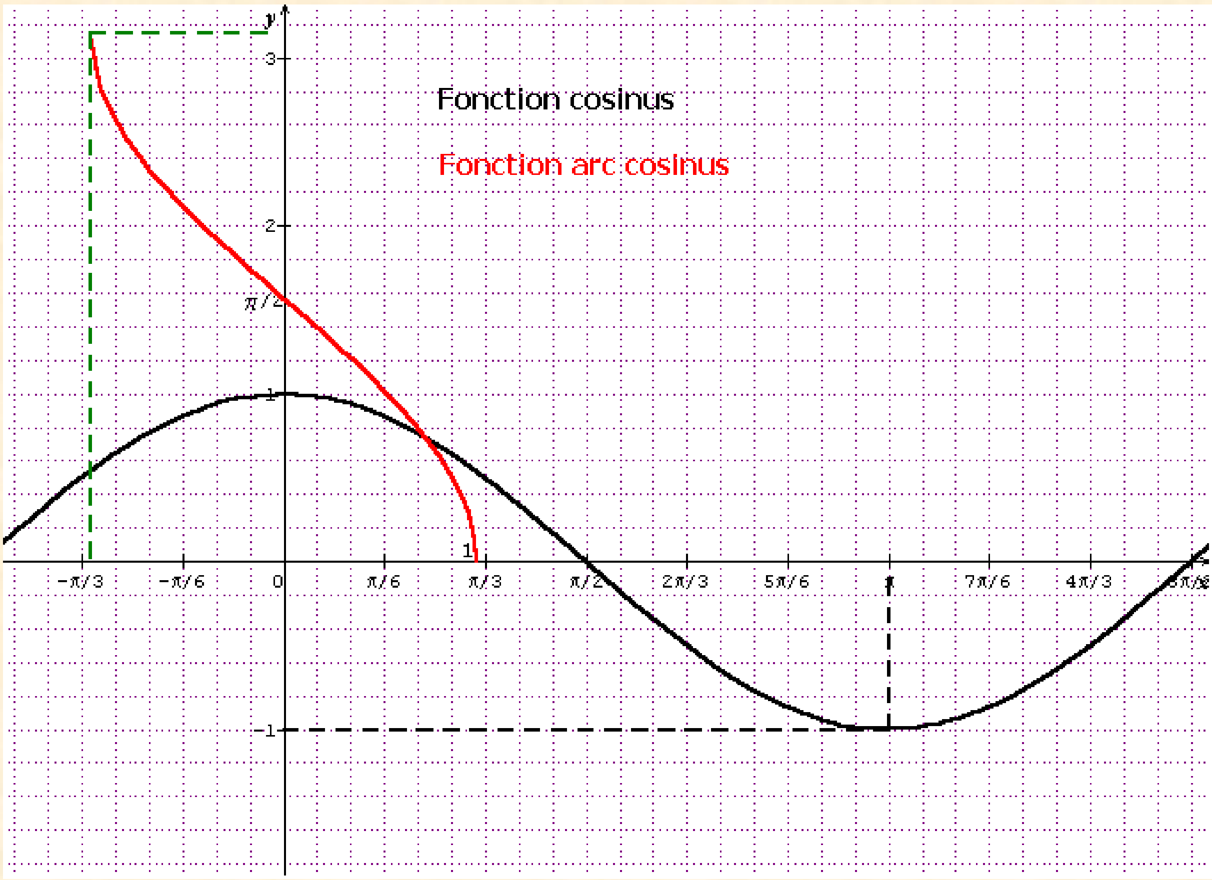
Annexe

Quelques exemples de figures réalisées avec Sine qua non

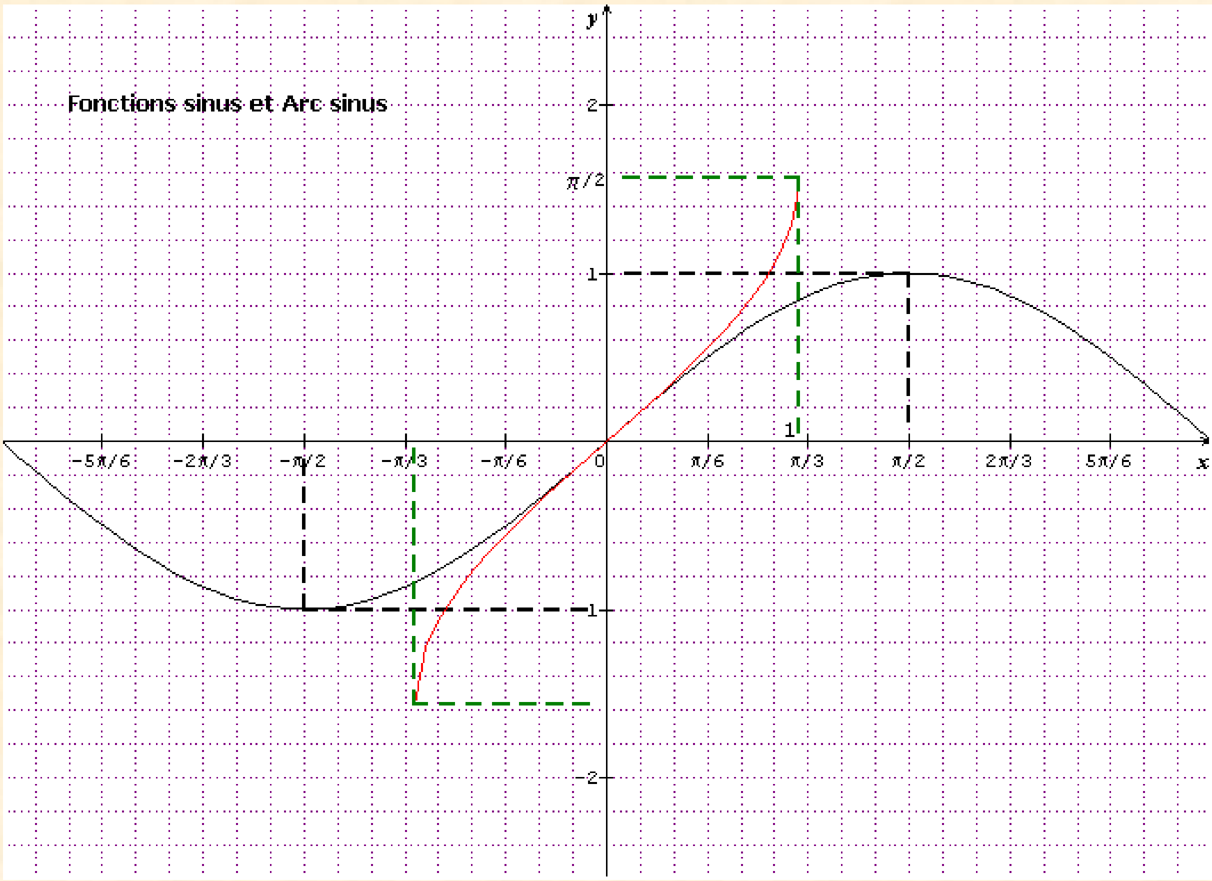


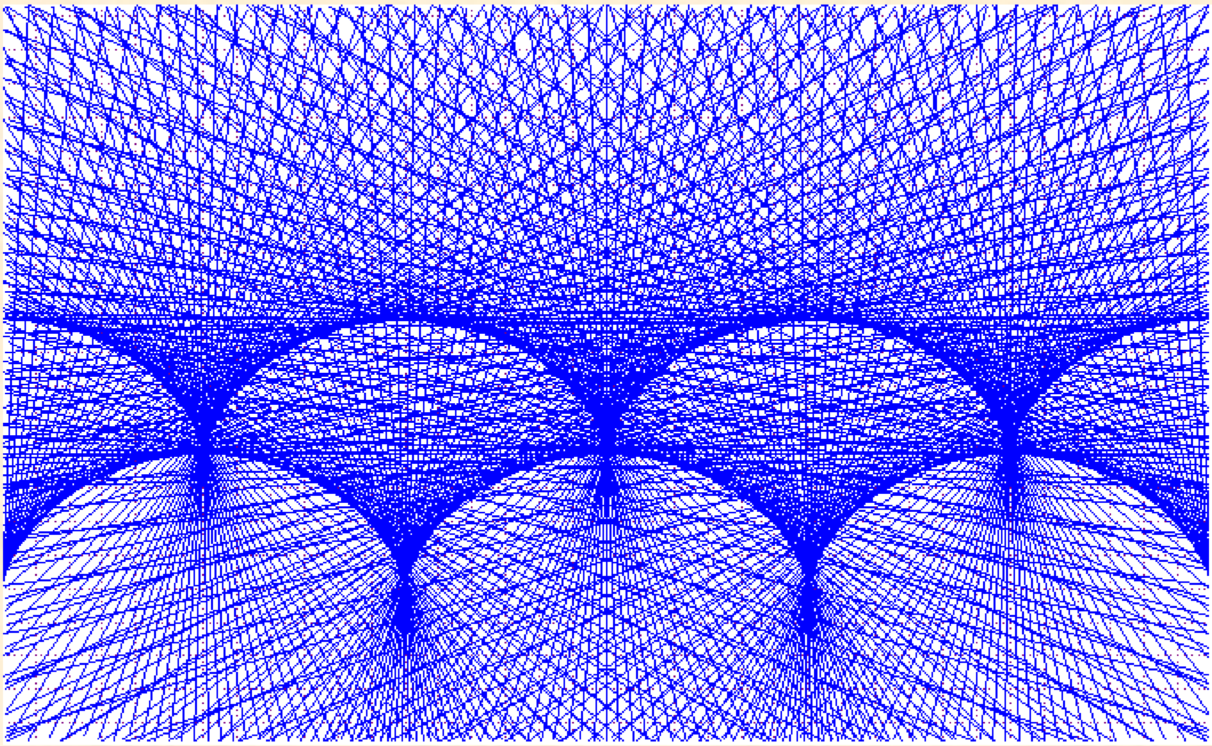
Fonctions trigonométriques



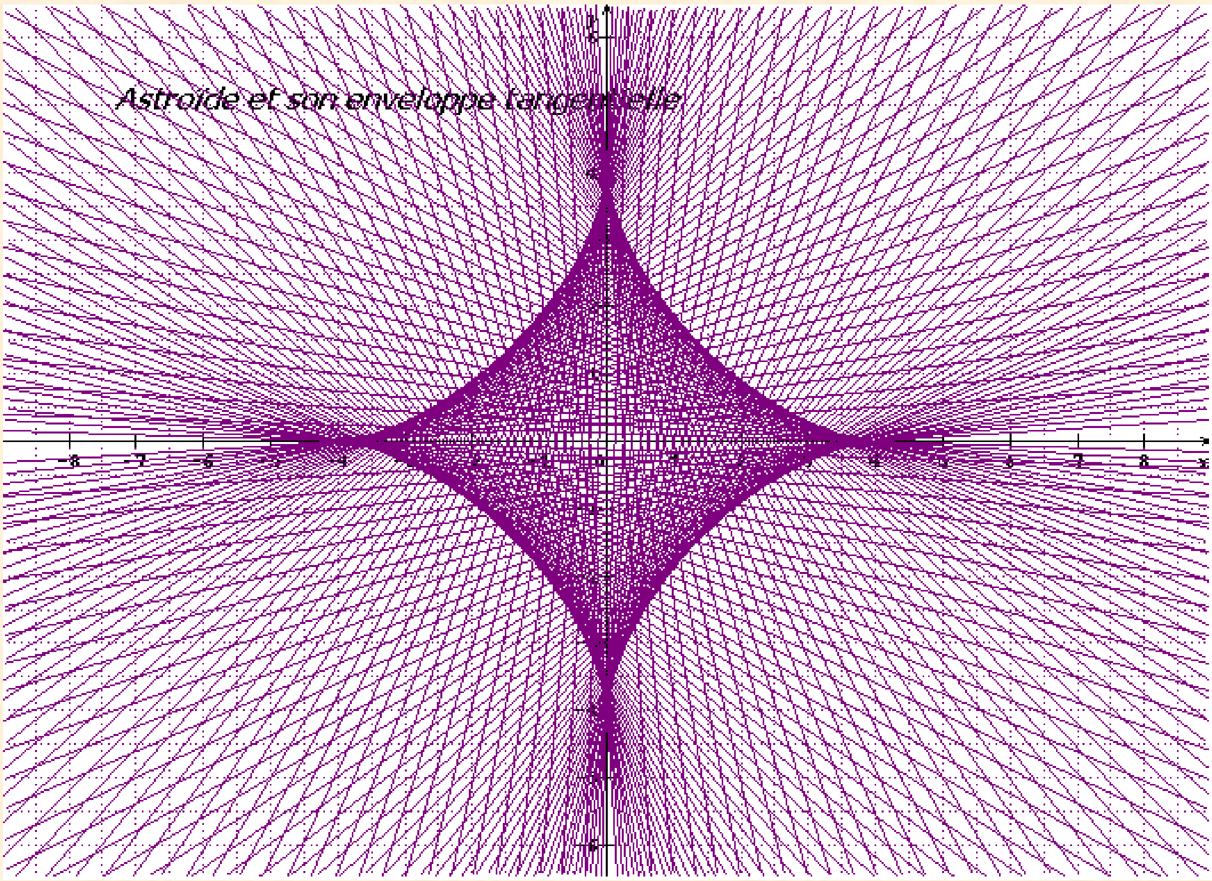


Fonctions Arccosinus et Arcsinus

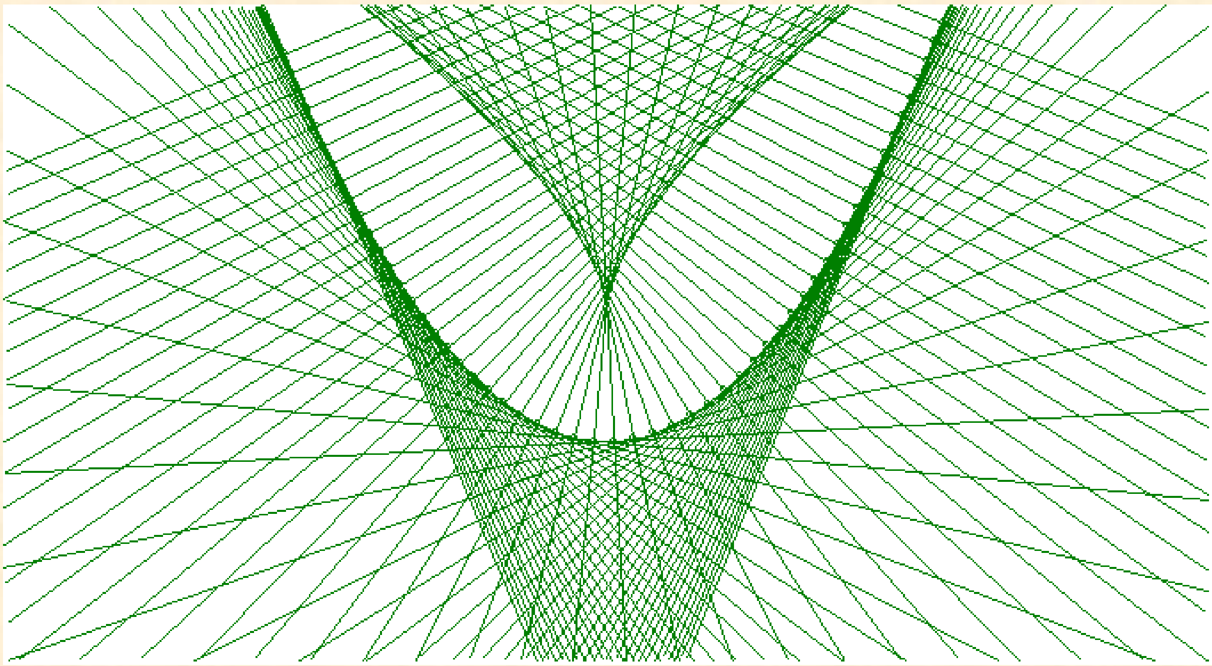




La cycloïde, son enveloppe tangentielle et sa développée normale

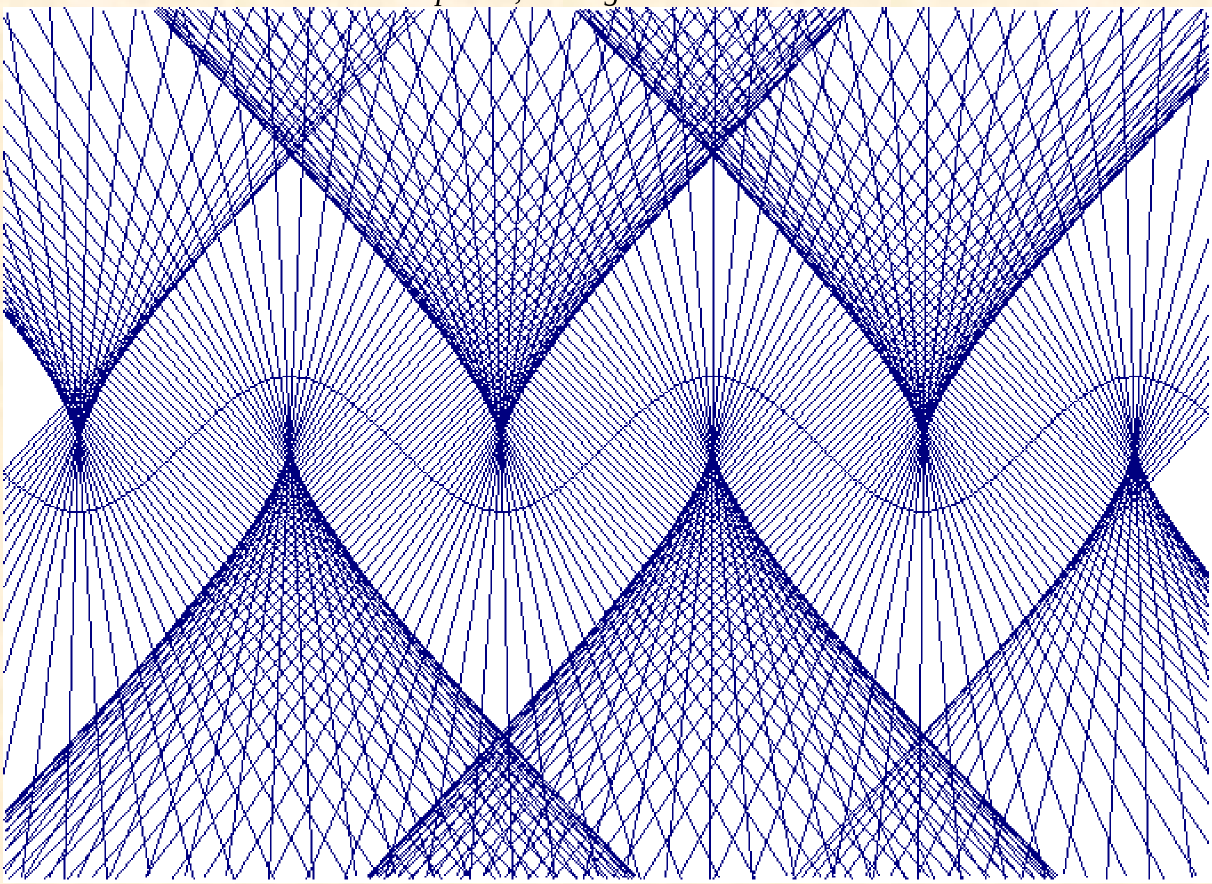


Astroïde et son enveloppe tangentielle

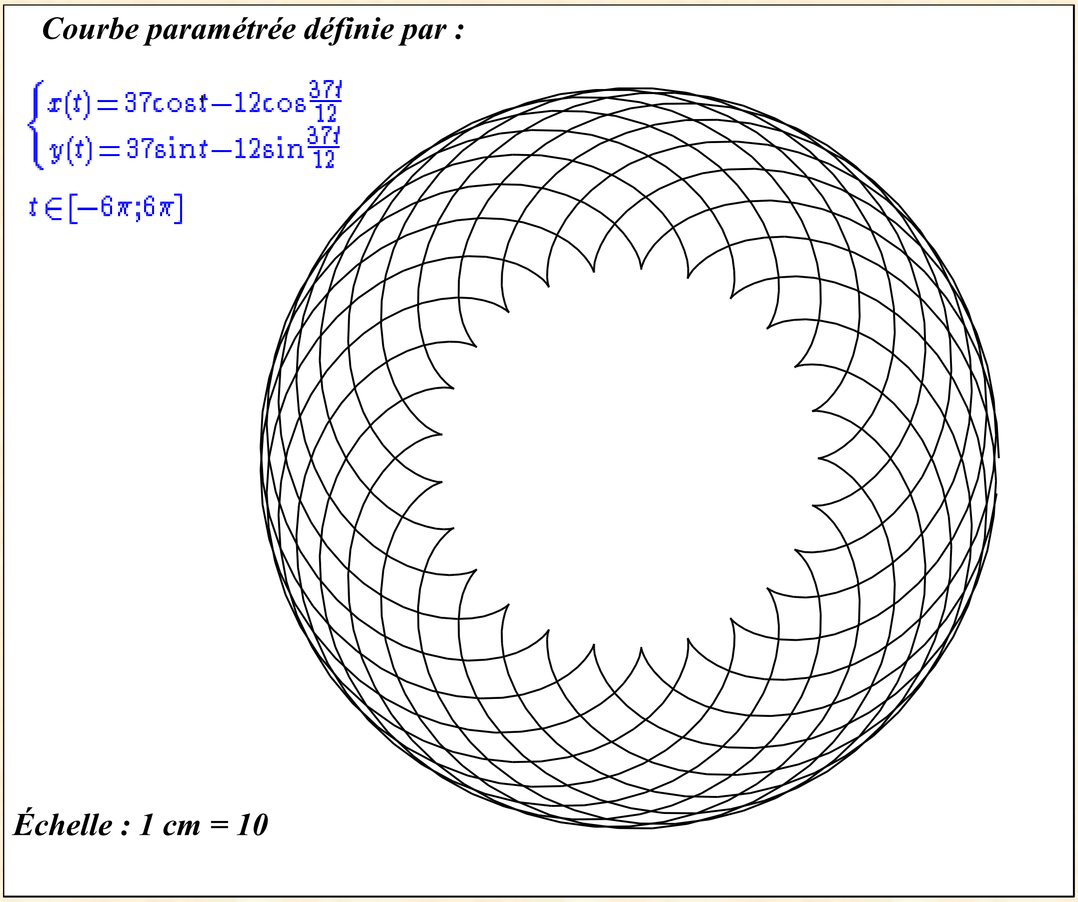


Parabole d'équation $y = \dfrac{x^2}{4}$.

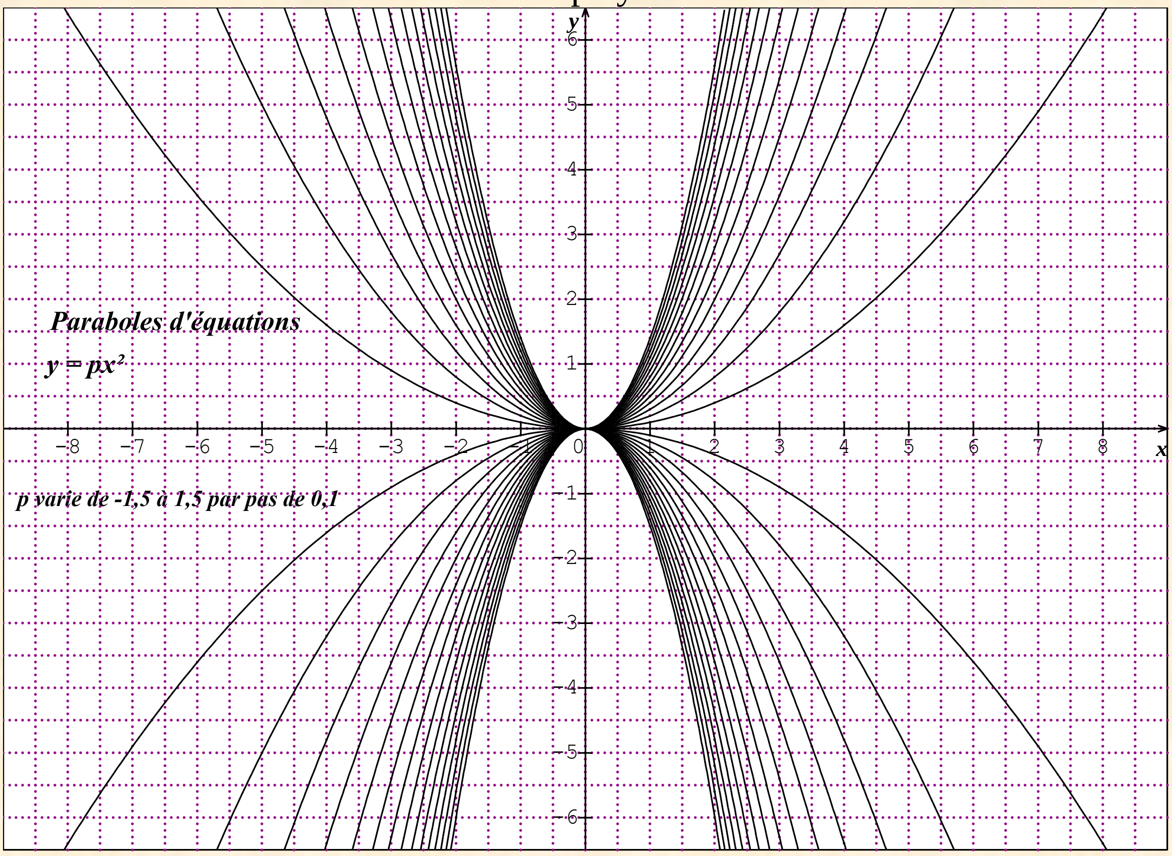
La courbe est ici dessinée point par point tous les 3 mm.
En chacun des points, la tangente et la normale à la courbe sot tracées.



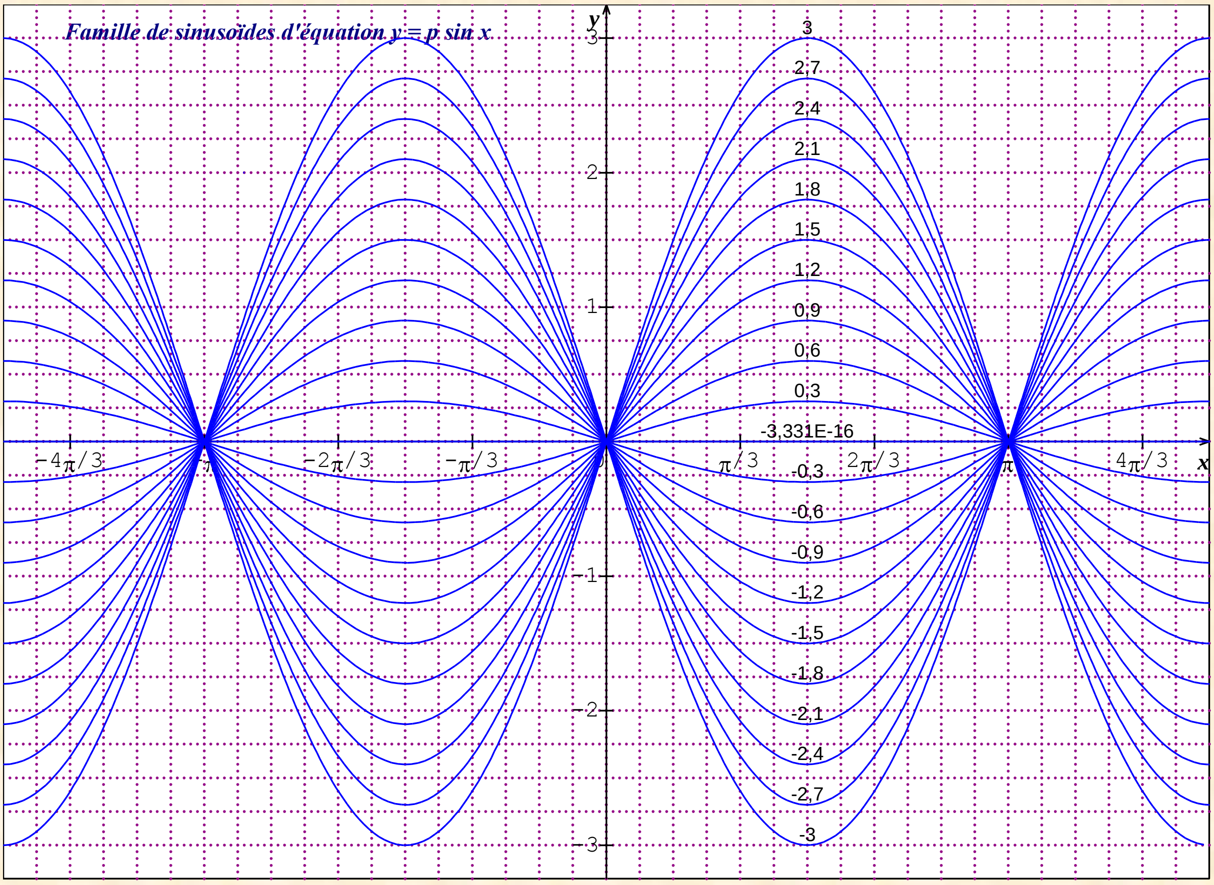
Une sinusoïde et sa développée normale



Une épicycloïde



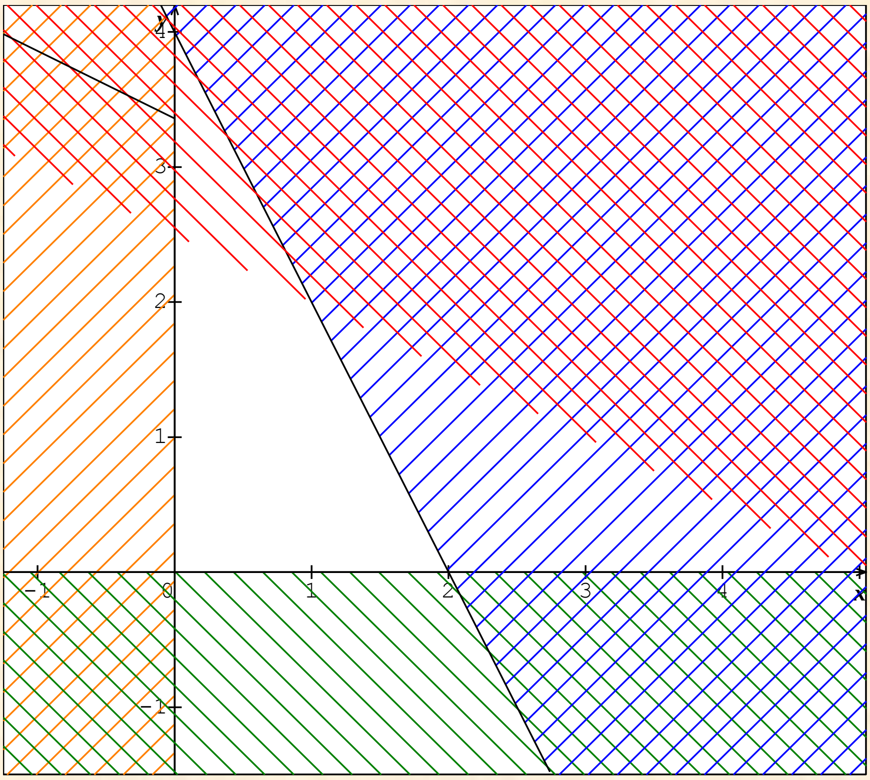
Famille de paraboles

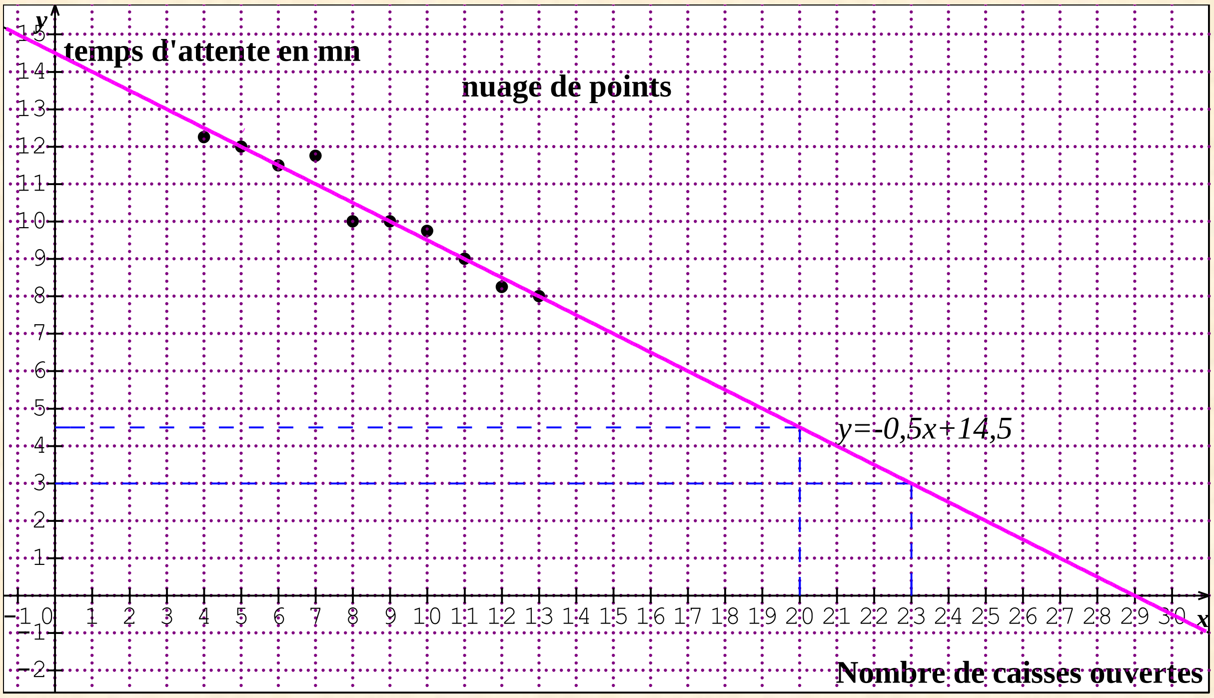


Famille de sinusoïdes

Système d'inéquations

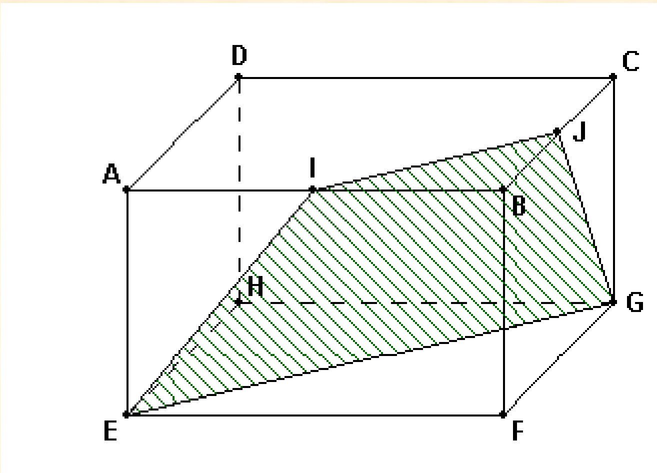
$$\begin{cases} x \geqslant 0 \\ y \geqslant 0 \\ 2x + y \leqslant 4 \\ x + 2y \leqslant 5 \end{cases}$$

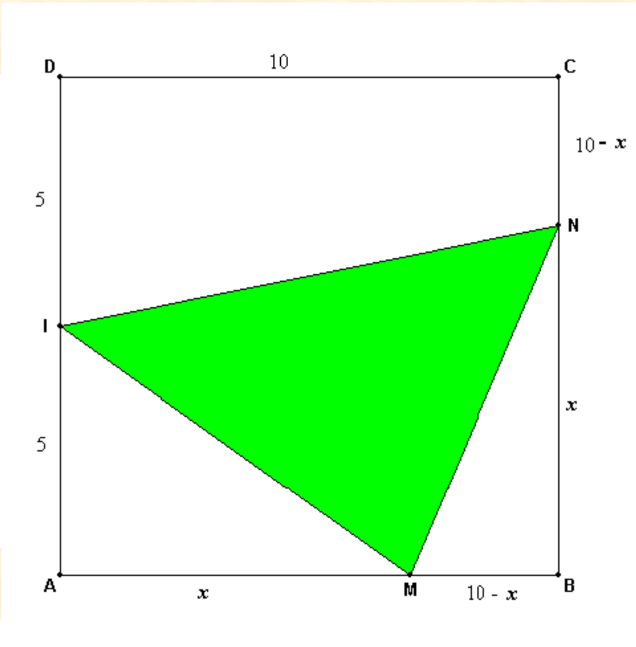


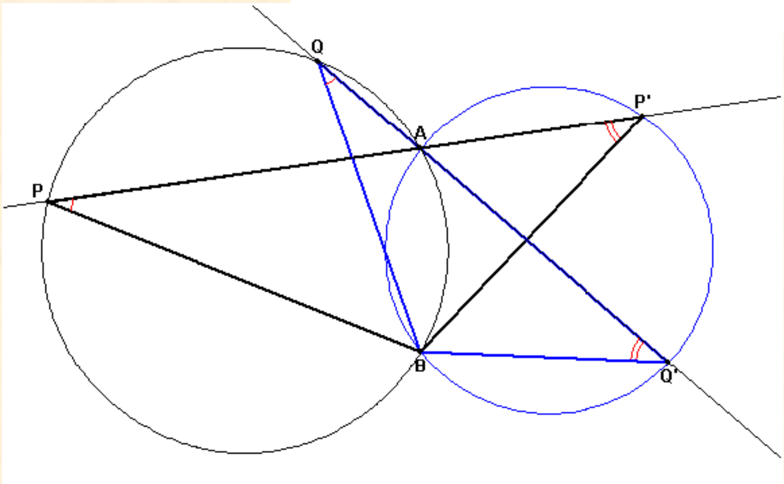


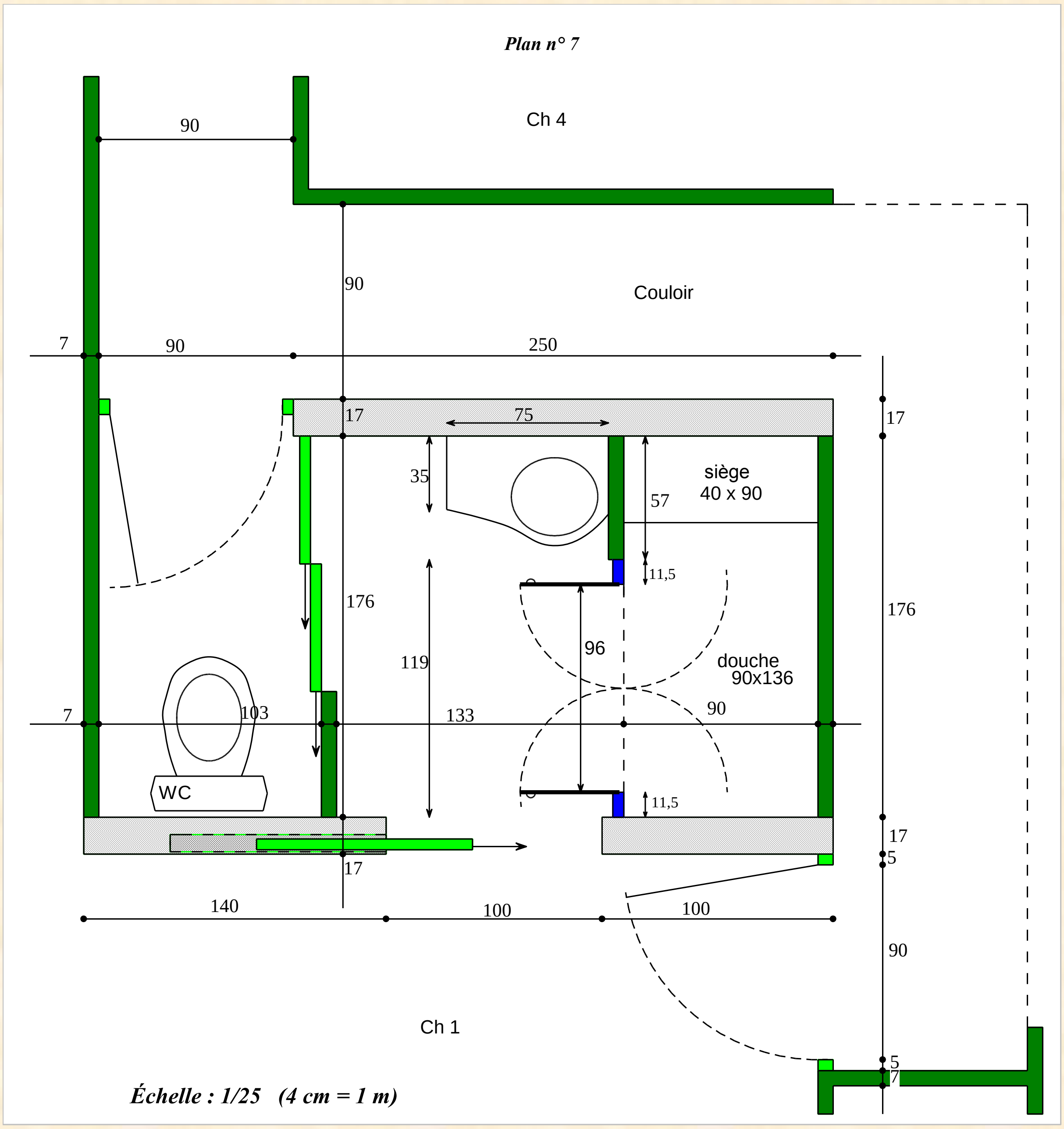
Statistiques à 2 variables : ajustement linéaire

Quelques figures géométriques :

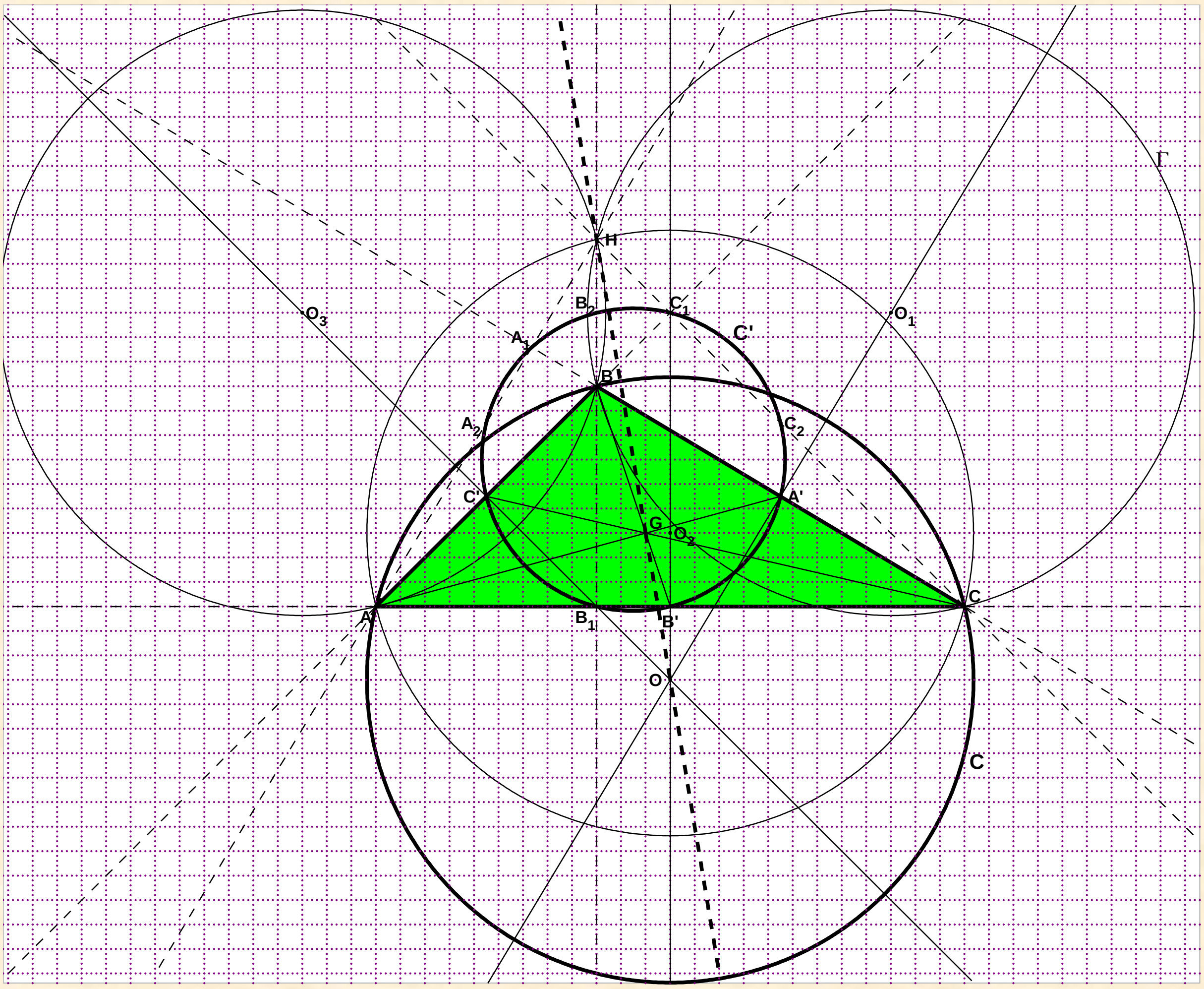




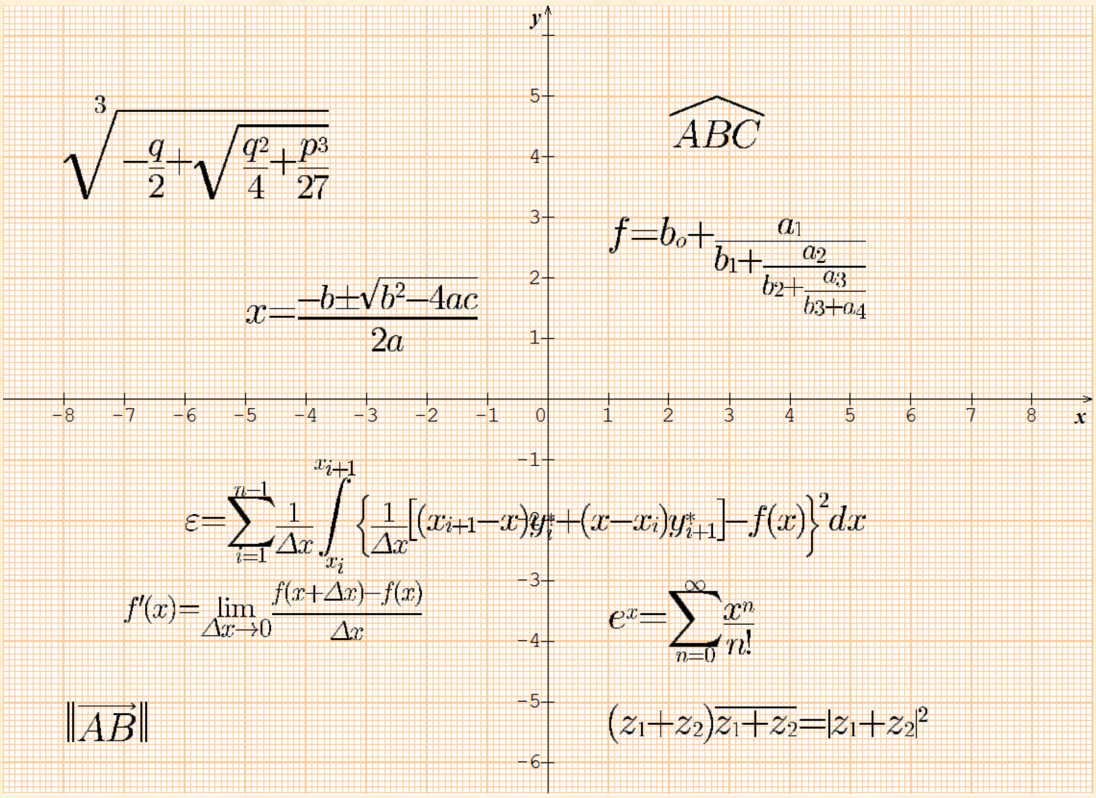




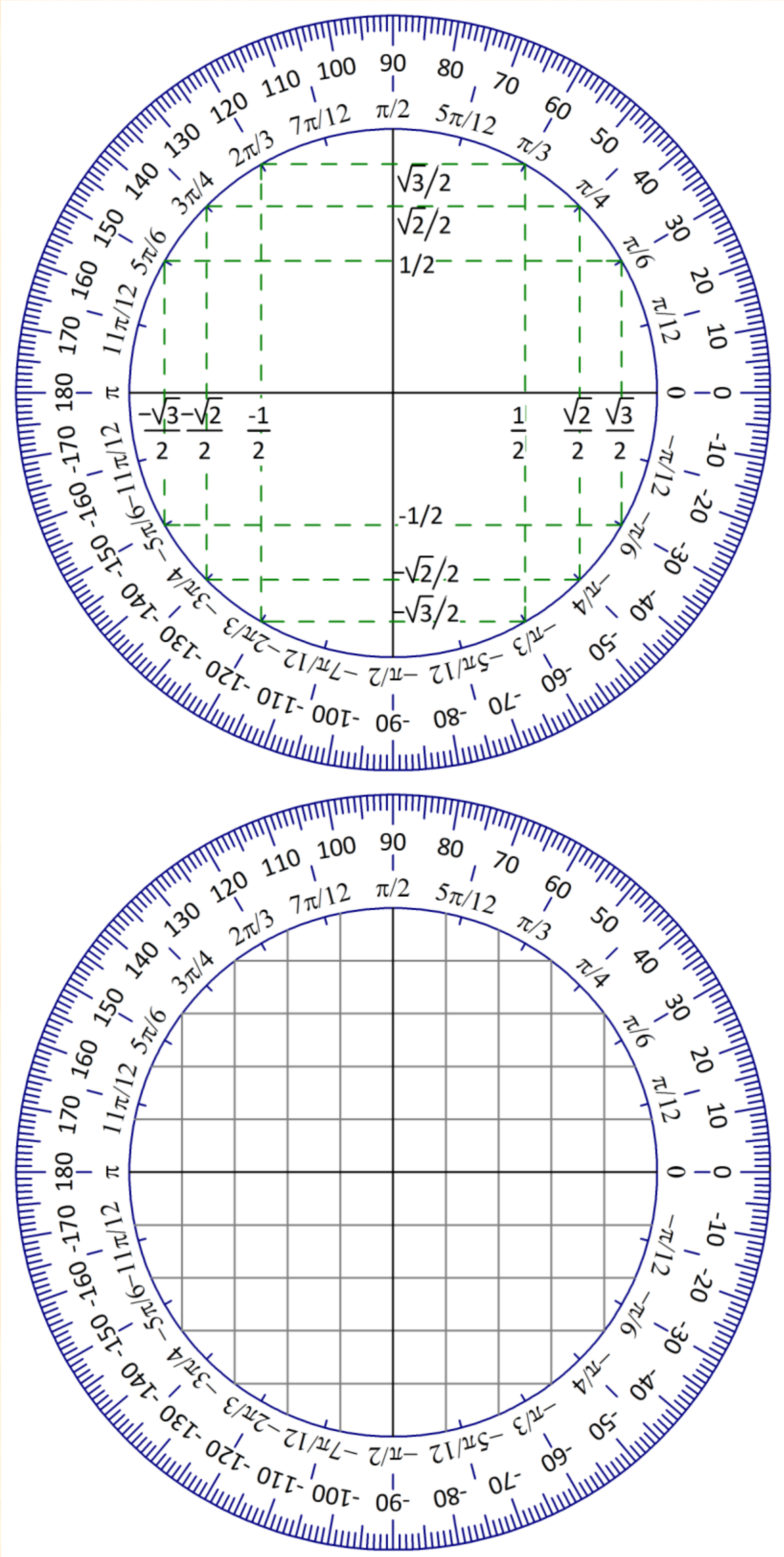
Plan d'aménagement d'une salle de bains réalisé avec Sine qua non !



Droite d'Euler dans un triangle



Exemples de de formules LaTeX



Cercle trigonométrique

Ce dessin, reproduit sur du papier transparent, peut avantageusement remplacer un rapporteur trigonométrique.