

# APPROXIM

APPROXIMATION DE FONCTIONS

PAR LA METHODE

DES MOINDRES CARRES

© 1989-2013 Jacques EVIEUX et Laurent FLAUM

# TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Description des fonctions</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Fichiers</b>	<b>3</b>
2.1.1	Nouvelle application	3
2.1.2	Charger une Table de Points...	3
2.1.3	Sauver la Table de Points...	4
2.1.4	Charger les Coefficients...	5
2.1.5	Sauver les Coefficients...	5
2.1.6	Charger F et ses Coefficients...	5
2.1.7	Sauver F et ses Coefficients...	6
2.1.8	Charger une Application...	6
2.1.9	Sauver l'Application	7
2.1.10	Sauver l'Application sous...	7
2.1.11	Impression des résultats...	8
2.1.12	Aperçu avant impression	8
2.1.13	Configuration de l'impression...	9
2.1.14	Fin de Approxim	10
<b>2.2</b>	<b>Approximation</b>	<b>10</b>
2.2.1	Entrer une Fonction	10
2.2.2	Entrer/Modifier les Coefficients	12
2.2.3	Entrer une Table de Points	12
2.2.4	Approximation	13
2.2.5	Définir l'échelle du graphique	17
2.2.6	Résultats graphiques	18
2.2.7	Impression des résultats...	18
<b>2.3</b>	<b>Equations Différentielles</b>	<b>19</b>
2.3.1	1er ordre : $y'=f(x,y)$	19
2.3.2	2ème ordre : $y''=f(x,y)$	20
2.3.3	Equation nième ordre	21
<b>2.4</b>	<b>Calculs sur la fonction</b>	<b>23</b>
2.4.1	Calcul de $f(x)$	23
2.4.2	Résolution $Y=f(x)$	23
2.4.3	Calcul de la dérivée de $f$	24
2.4.4	Calcul de l'intégrale de $f$ (Simpson)	24
<b>2.5</b>	<b>Aide (?)</b>	<b>25</b>
2.5.1	A propos de Approxim...	25
2.5.2	Aide, Mode d'emploi	25
<b>3</b>	<b>Exemples d'utilisation de l'Approximation</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Premier Exemple</b>	<b>26</b>
3.1.1	Entrée de la fonction	26
3.1.2	Vérification des Coefficients	27
3.1.3	Entrer des points	27
3.1.4	Approximation de la fonction	28
3.1.5	Aperçu sur l'écran principal	28
3.1.6	Impression des résultats...	29
<b>3.2</b>	<b>Deuxième Exemple : utilisation des Equations différentielles</b>	<b>29</b>
3.2.1	Calcul des points par l'équation différentielle	29
3.2.2	Entrée de la fonction	30
3.2.3	Vérification des Coefficients	31
3.2.4	Approximation de la fonction	31
3.2.5	Aperçu sur l'écran principal	32
3.2.6	Impression des résultats...	32

# 1 Introduction

APPROXIM est un programme qui permet d'approximer une table de points entrée soit au clavier, soit par l'intermédiaire d'un fichier de données, par une fonction de 6 coefficients au plus dont la formule générale est entrée au clavier.

Si le calcul demandé est trop difficile pour être effectué en une seule fois, il est possible de bloquer (Fixer) certains coefficients et d'Adjuster les autres.

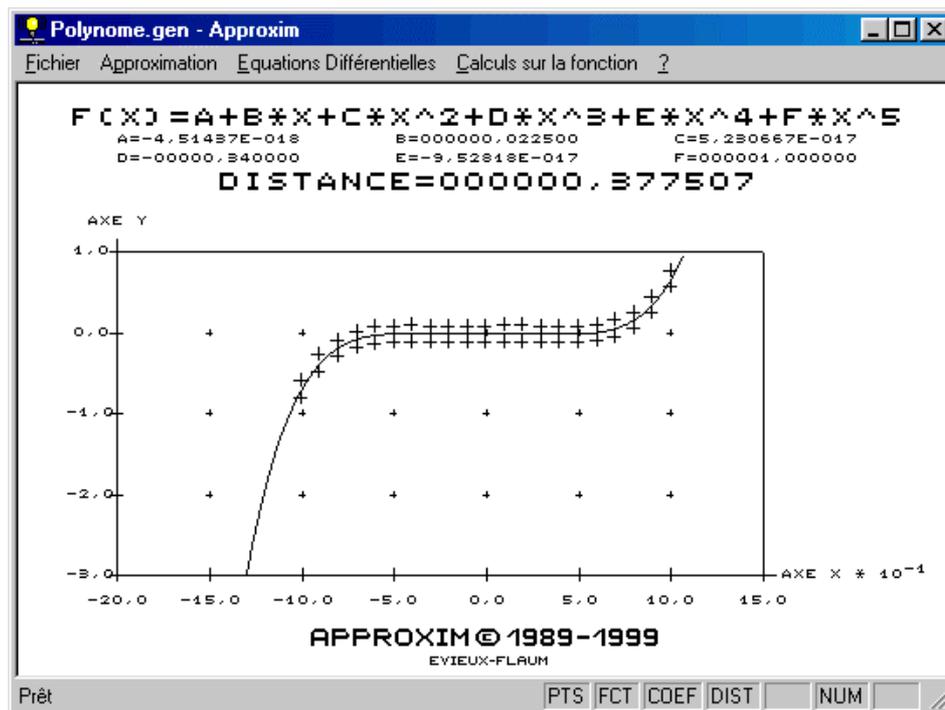
Les résultats peuvent être sortis sur Imprimante

Si l'on veut conserver les résultats pour une autre étude, les coefficients et la fonction trouvés peuvent être sauvegardés.

Certaines parties du menu ne peuvent pas être effectuées, immédiatement : d'autres parties devant être effectuées avant :

- Il est nécessaire de définir la Fonction avant de définir les coefficients
- Il est nécessaire de définir la fonction et de définir la table de point avant de faire le calcul

## 2 Description des fonctions



L'arborescence des opérations est la suivante :

<p><b>Fichiers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nouvelle application</li> <li>Charger une Table de Points...</li> <li>Sauver la Table de Points...</li> <li>Charger les Coefficients...</li> <li>Sauver les Coefficients...</li> <li>Charger F et ses Coefficients...</li> <li>Sauver F et ses Coefficients...</li> <li>Charger une Application...</li> <li>Sauver l'Application</li> <li>Sauver l'Application sous...</li> <li>Impression des résultats...</li> <li>Aperçu avant impression</li> <li>Configuration de l'impression...</li> <li>Fin de Approxim</li> </ul> <p><b>Approximation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entrer une Fonction</li> <li>Entrer/Modifier les Coefficients</li> <li>Entrer une Table de Points</li> <li>Approximation               <ul style="list-style-type: none"> <li>Moindres Carrés</li> <li>Levenberg Marquardt</li> </ul> </li> <li>Résultats graphiques</li> <li>Impression des résultats...</li> </ul>	<p><b>Equations Différentielles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1er ordre : <math>y'=f(x,y)</math></li> <li>2ème ordre : <math>y''=f(x,y)</math></li> <li>Equation nième ordre</li> </ul> <p><b>Calculs sur la fonction</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Calcul de <math>f(x)</math></li> <li>Résolution <math>Y=f(x)</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dichotomie (intervalles)</li> <li>Méthode de Newton (tangentes)</li> </ul> </li> <li>Calcul de la dérivée de <math>f</math></li> <li>Calcul de l'intégrale de <math>f</math> (Simpson)</li> </ul> <p>?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A propos de Approxim...</li> <li>Aide, Mode d'emploi</li> </ul>
--	--

## 2.1 Fichiers

### 2.1.1 Nouvelle application

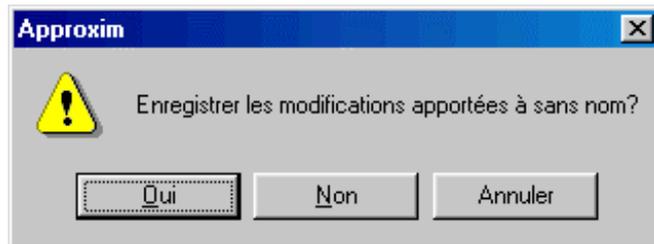
Cette opération permet de réinitialiser tous les paramètres :

Effacer la table de points

Effacer la fonction et ses coefficients

Effacer la distance

Si votre application n'a pas été sauvegardée, la question suivante sera posée :



### 2.1.2 Charger une Table de Points...

Cette opération (non disponible dans la version d'évaluation) permet de charger une table de points à partir d'un fichier.

Plusieurs types de fichiers sont supportés :

- Format Approxim (\*.DAT, \*.TXT):

1<sup>ère</sup> ligne : Nombre de points

Lignes suivantes : Table de points : 13 chiffres pour X, 1 espace, 13 chiffres pour Y

Exemple :

2
-1.000000 -0.582500
-1.000000 -0.782500

- Format CSV (Excel):

Sur chaque ligne, X et Y sont séparés par un point-virgule

Exemple :

-1.000000;-0.582500
-1.000000;-0.782500

- Format PRN (Excel):

Sur chaque ligne, X et Y sont séparés par un espace

Exemple :

-1.000000 -0.582500
-1.000000 -0.782500

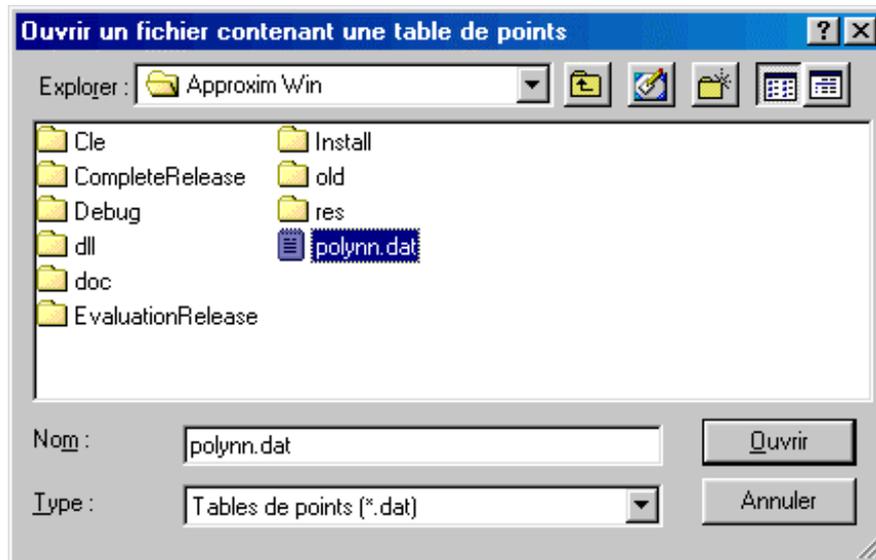
- Format TXT (Excel):

Sur chaque ligne, X et Y sont séparés par une tabulation

Exemple :

```
-1.000000<TAB>-0.582500  
-1.000000<TAB>-0.782500
```

Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom et le type de fichier:

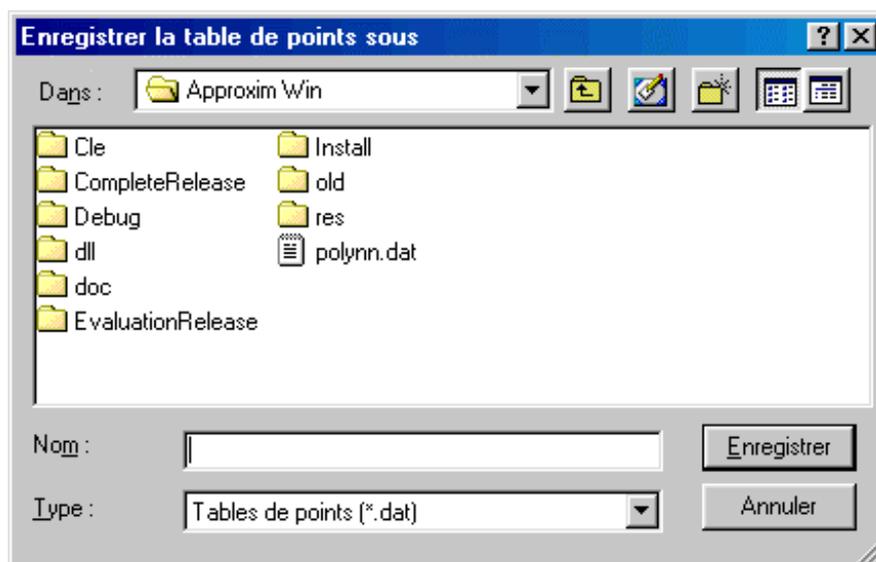


### 2.1.3 Sauver la Table de Points...

Cette opération (non disponible dans la version d'évaluation) permet de sauvegarder la table de point au format Approxim.

Ce format étant proche du format PRN, cela ne posera aucun problème à Excel pour importer les données.

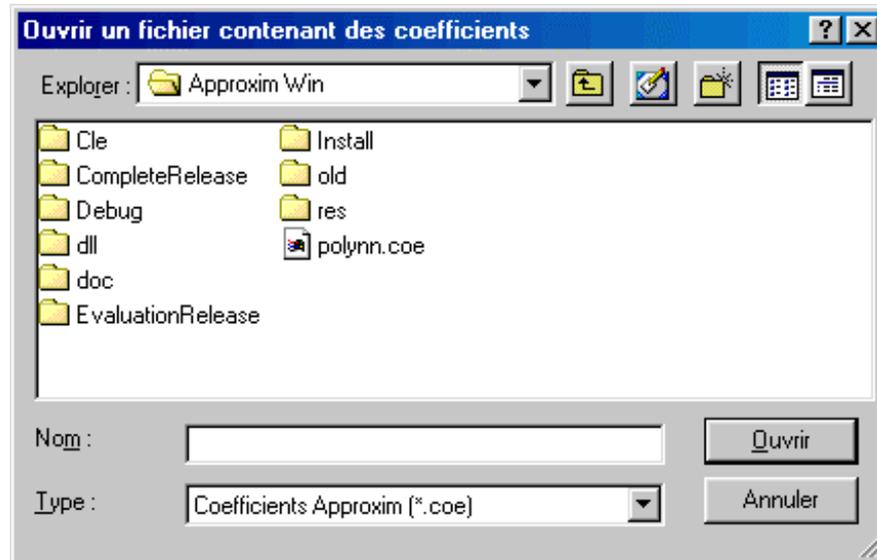
Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom du fichier:



### 2.1.4 Charger les Coefficients...

Cette opération permet de charger des coefficients pour la fonction (qui doit avoir été entrée au préalable) à partir d'un fichier.

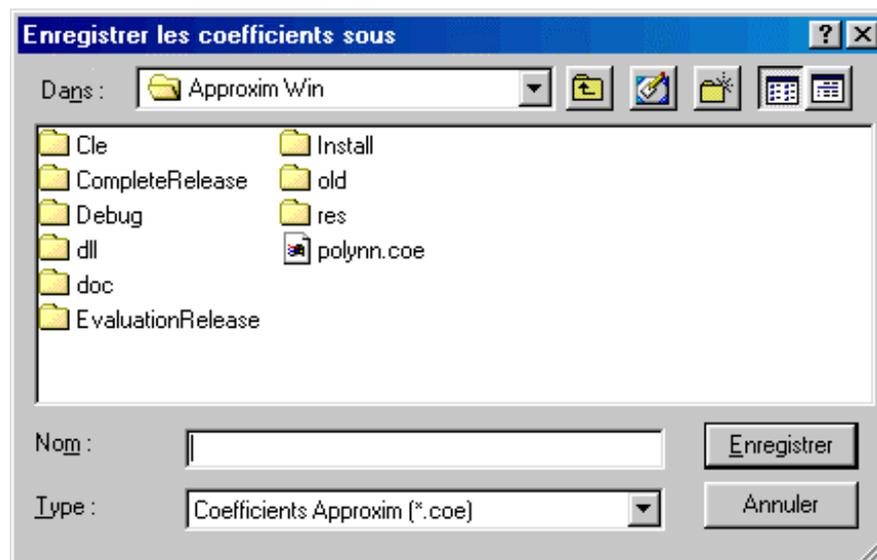
Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom du fichier:



### 2.1.5 Sauver les Coefficients...

Cette opération (non disponible dans la version d'évaluation) permet de sauver les coefficients de la fonction dans un fichier.

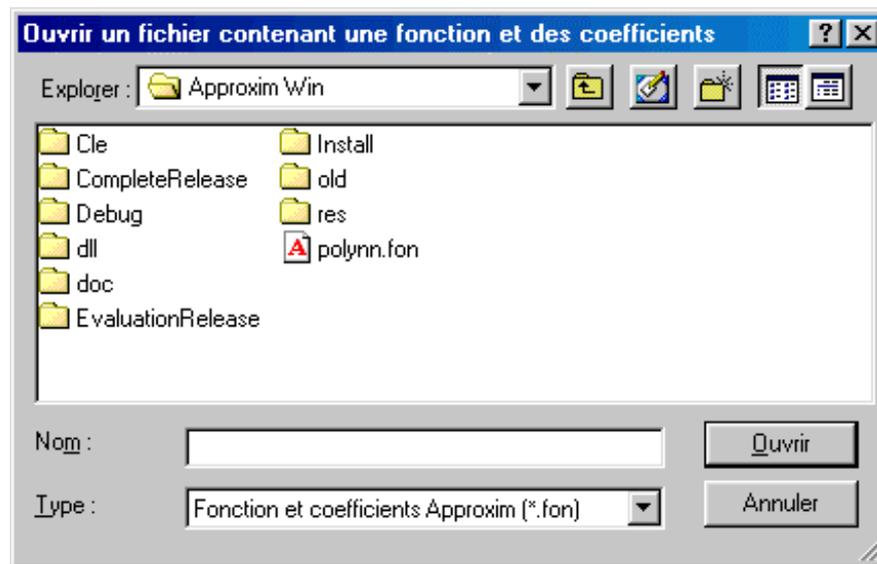
Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom du fichier:



### 2.1.6 Charger F et ses Coefficients...

Cette opération permet de charger une fonction et ses coefficients à partir d'un fichier.

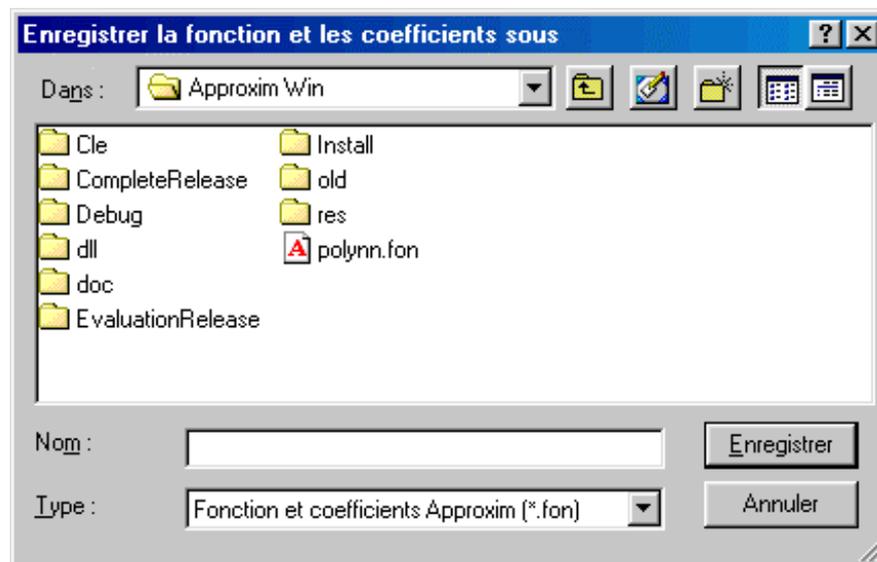
Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom du fichier:



### 2.1.7 Sauver F et ses Coefficients...

Cette opération (non disponible dans la version d'évaluation) permet de sauver la fonction et ses coefficients dans un fichier.

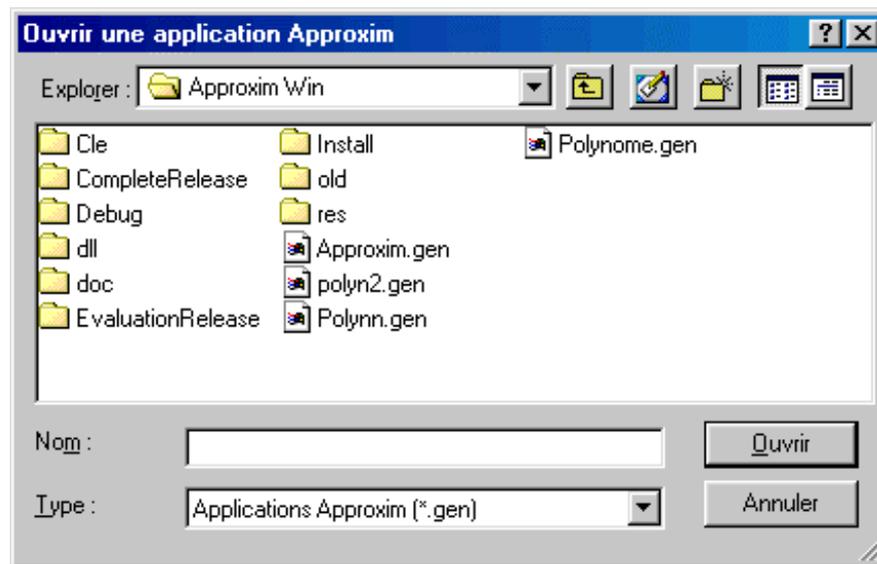
Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom du fichier:



### 2.1.8 Charger une Application...

Cette opération permet de charger une application (table de points, fonction, coefficients et équation différentielle) à partir d'un fichier.

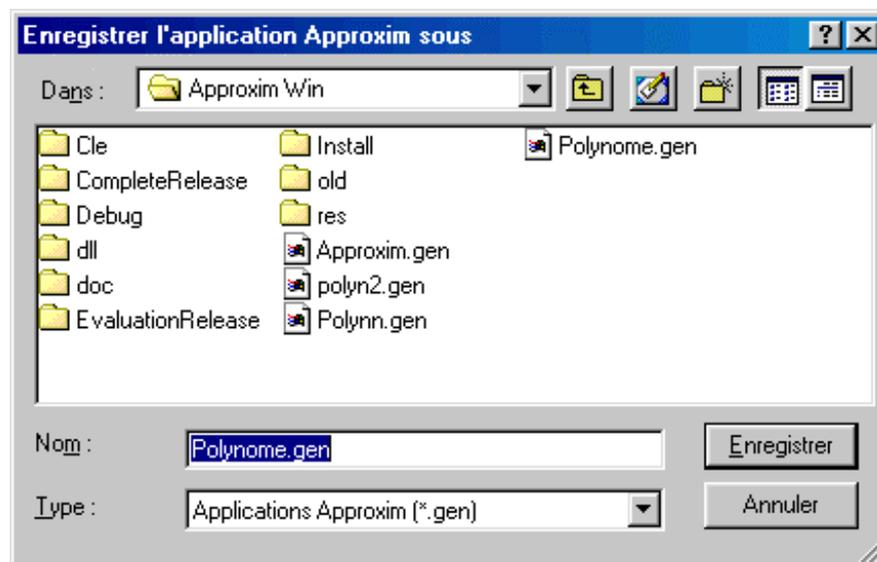
Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom du fichier:



### 2.1.9 Sauver l'Application

Cette opération (non disponible dans la version d'évaluation) permet de sauver l'application (table de points, fonction, coefficients et équation différentielle) dans le fichier en cours.

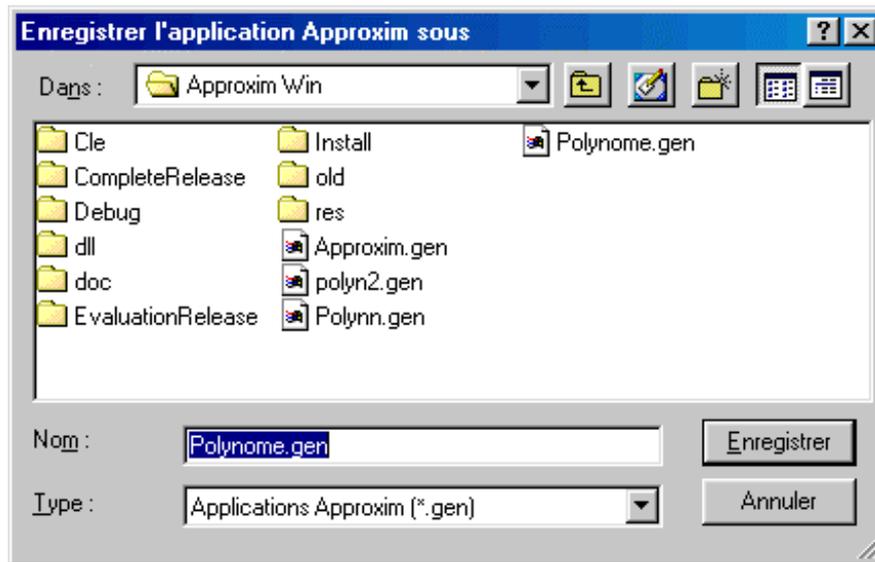
Si aucun fichier n'a été défini Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom du fichier:



### 2.1.10 Sauver l'Application sous...

Cette opération (non disponible dans la version d'évaluation) permet de sauver une application (table de points, fonction, coefficients et équation différentielle) dans un nouveau fichier.

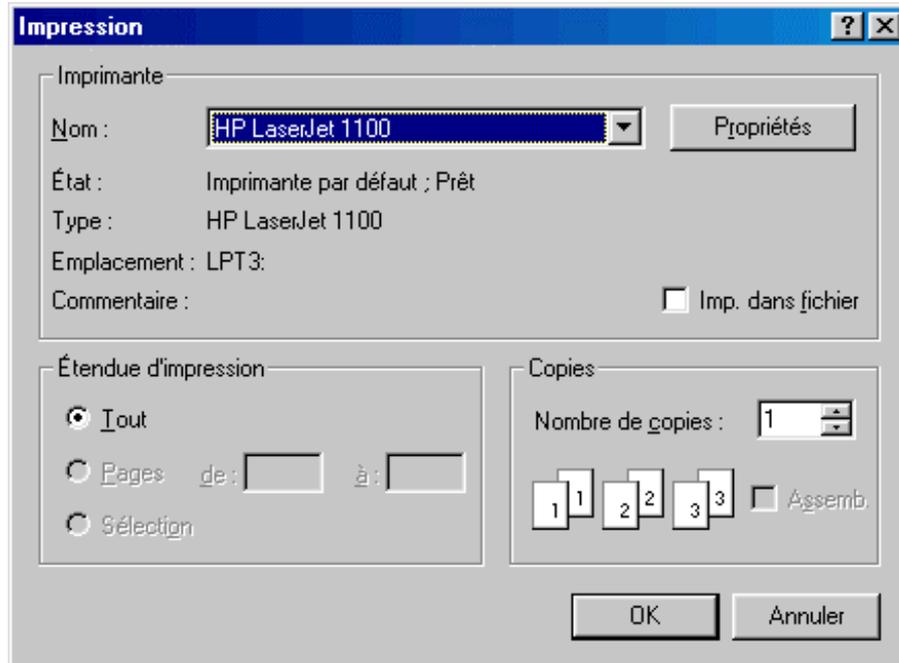
Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander le nom du fichier:



### 2.1.11 Impression des résultats...

Cette option permet d'imprimer le graphique en mode paysage. Elle n'est disponible que lorsque la table de points a été définie.

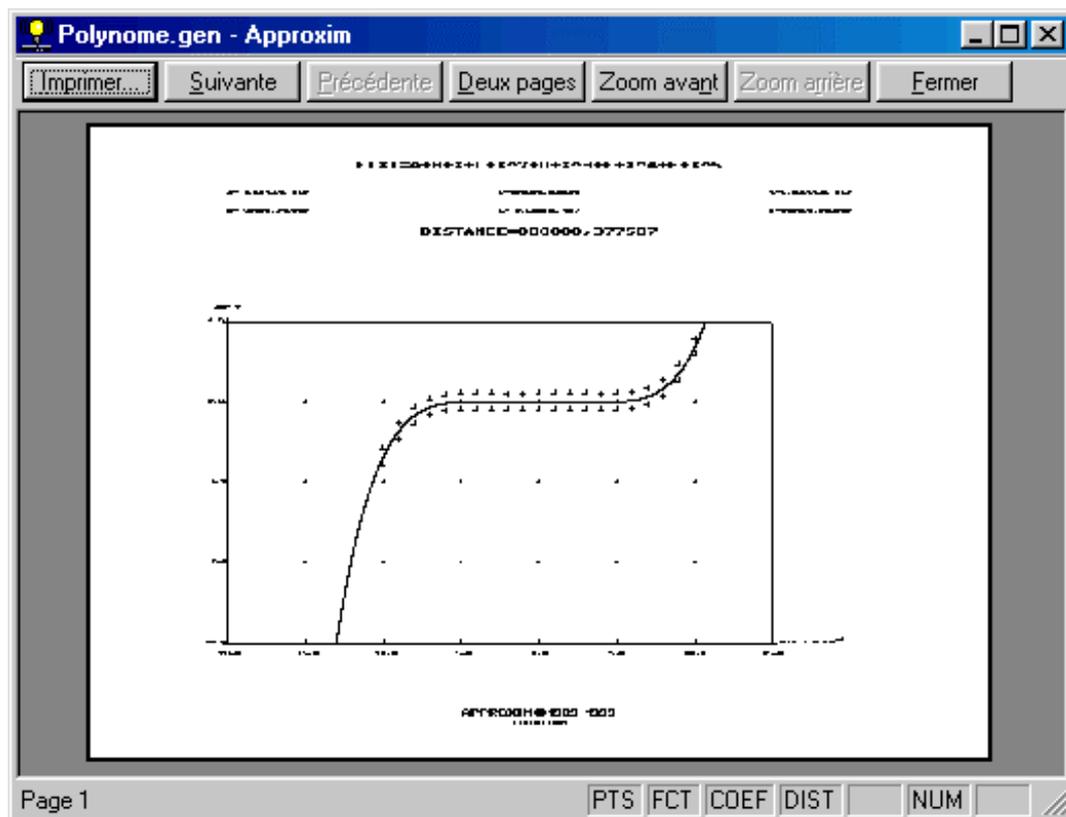
Lors de la sélection de cette opération, une boîte s'ouvre pour demander l'imprimante.



### 2.1.12 Aperçu avant impression

Cette option permet de voir ce qui sera imprimé et éventuellement d'imprimer le graphique en mode paysage. Elle n'est disponible que lorsque la table de points a été définie.

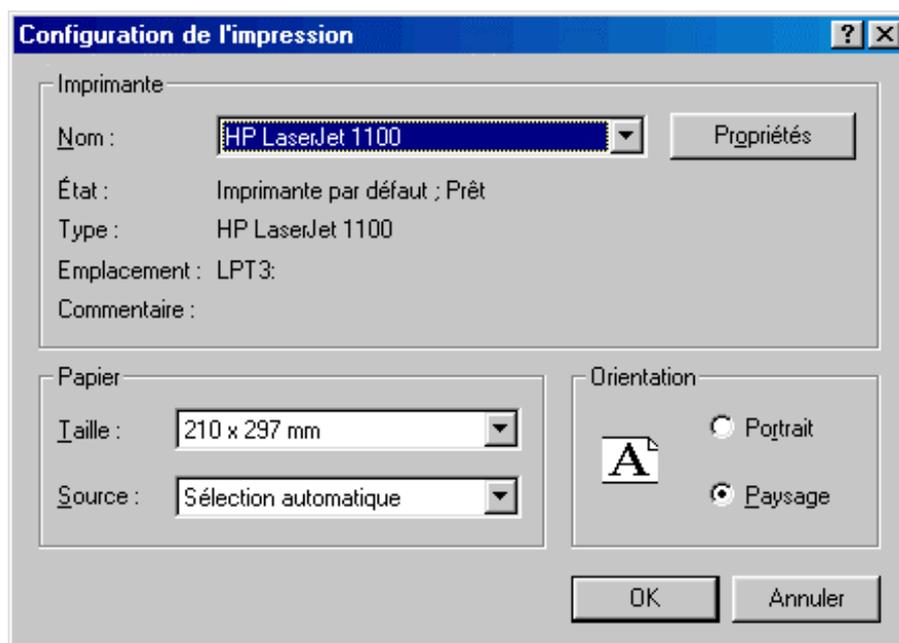
Lors de la sélection de cette opération, cet écran s'ouvre.



### 2.1.13 Configuration de l'impression...

Cette option permet de configurer les paramètres d'impression qui seront utilisés lors de toutes les impressions futures de cette session.

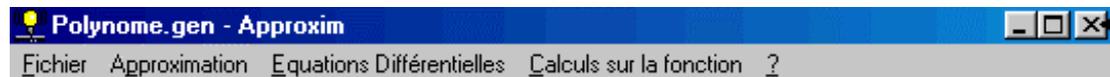
Lors de la sélection de cette opération, la boîte suivante s'ouvre:



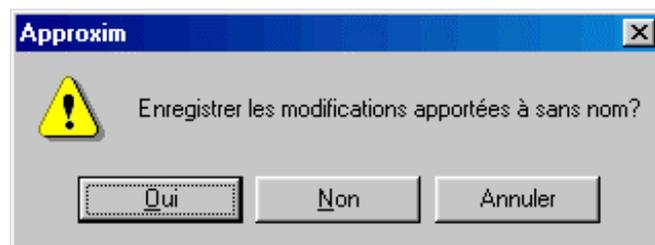
## 2.1.14 Fin de Approxim

Cette opération permet de quitter Approxim

Vous pouvez aussi quitter Approxim en cliquant sur la  de la fenêtre principale représentée ci dessous:

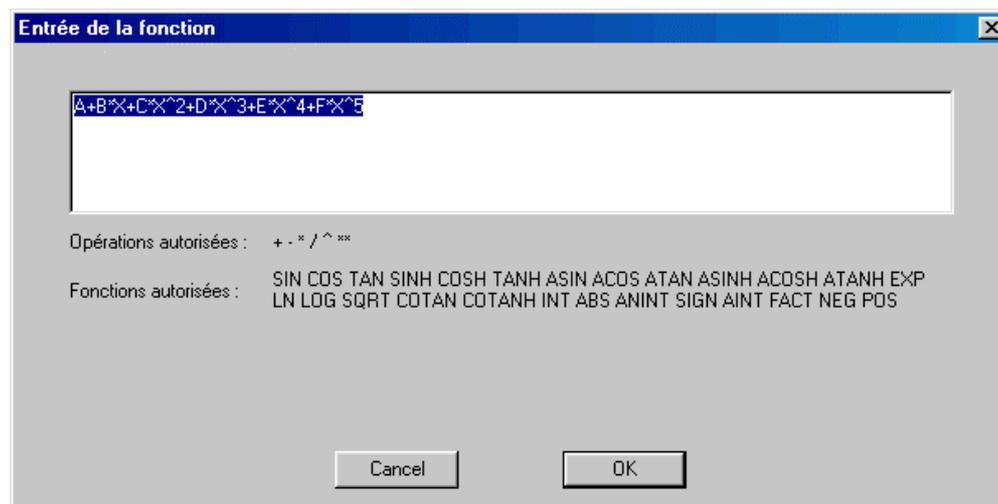


Si votre application n'a pas été sauvegardée, la question suivante sera posée :



## 2.2 Approximation

### 2.2.1 Entrer une Fonction



Cette opération permet d'entrer la fonction à approximer.

La fonction peut comporter de 1 à 6 coefficients et doit comporter la variable X.

Les coefficients sont :

A	B	C	D	E	F
1 <sup>er</sup> Coefficient	2 <sup>ème</sup> Coefficient	3 <sup>ème</sup> Coefficient	4 <sup>ème</sup> Coefficient	5 <sup>ème</sup> Coefficient	6 <sup>ème</sup> Coefficient

Les coefficients doivent être saisis consécutivement.

Exemple si E est saisi, alors A,B,C, D doivent l'être aussi.

Par exemple la fonction  $A+B*X+C*X^2$  est valide alors que la fonction  $A+C*X+D*X^2$  ne l'est pas (il manque le coefficient B)

La fonction  $C+B*X+A*X^2$  est aussi valide.

Les opérateurs du compilateur sont :

+	Opération d'addition
-	Opération de soustraction
*	Opération de multiplication
/	Opération de division
**	Opération de puissance : $a^{**}b = a^b$
^	Opération de puissance : $a^b = a^b$

Les fonctions du compilateur sont :

SIN	Sinus d'un angle en radian
COS	Cosinus d'un angle en radian
TAN	Tangente d'un angle en radian
SINH	Sinus Hyperbolique
COSH	Cosinus Hyperbolique
TANH	Tangente Hyperbolique
ASIN	Arc Sinus d'un angle en radian
ACOS	Arc Cosinus d'un angle en radian
ATAN	Arc Tangente d'un angle en radian
ASINH	Arc Sinus Hyperbolique
ACOSH	Arc Cosinus Hyperbolique
ATANH	Arc Tangente Hyperbolique
EXP	Exponentielle d'un nombre x.: $e^x$
LN	Logarithme népérien : $\text{Ln}(e^x) = x$
LOG	Logarithme décimal : $\text{Log}(10^x) = x$
SQRT	Racine carrée
COTAN	Cotangente
COTANH	Cotangente hyperbolique
INT	Partie entière
ABS	Valeur absolue
ANINT	Arrondi entier
SIGN	Signe: 1 si $>0$ , -1 si $<0$ , ou 0
AINT	Valeur entière
FACT	Factorielle : $\text{Fact}(x) = x!$
NEG	Négatif ?Renvoie 1 si $<0$ , 0 sinon
POS	Positif ?Renvoie 1 si $>0$ , 0 sinon

En cas d'erreur, l'appui sur le bouton OK permettra d'afficher l'erreur.

## 2.2.2 Entrer/Modifier les Coefficients

MODIFICATION DES COEFFICIENTS DE LA FONCTION

$F(X)=A+B*X+C*X^2+D*X^3+E*X^4+F*X^5$

A=	-4.51437e-018	<input type="checkbox"/> Fixe
B=	000000.022500	<input type="checkbox"/> Fixe
C=	5.230667e-017	<input type="checkbox"/> Fixe
D=	-00000.340000	<input type="checkbox"/> Fixe
E=	-9.52818e-017	<input type="checkbox"/> Fixe
F=	000001.000000	<input type="checkbox"/> Fixe

RAZ      Cancel      OK

Cette opération permet de modifier ou de fixer les coefficients de la fonction à approximer.

Le nombre de coefficients est défini par la fonction entrée précédemment.

Lorsque "Fixe" est activé, le coefficient ne sera pas modifié lors de l'approximation.

RAZ permet de remettre tous les points à la valeur Zéro et de décocher l'option "Fixe" sur tous les points.

## 2.2.3 Entrer une Table de Points

Saisie / Modification de la table de points

1	-00001.000000	-00000.582500
2	-00001.000000	-00000.782500
3	-00000.900000	-00000.262880
4	-00000.900000	-00000.462880
5	-00000.800000	-00000.071600
6	-00000.800000	-00000.271600
7	-00000.700000	000000.032800
8	-00000.700000	-00000.167200
9	-00000.600000	000000.082180
10	-00000.600000	-00000.117820
11	-00000.500000	000000.100000
12	-00000.500000	-00000.100000
13	-00000.400000	000000.102520
14	-00000.400000	-00000.097480
15	-00000.300000	000000.100000
16	-00000.300000	-00000.100000
17	-00000.200000	000000.097900
18	-00000.200000	-00000.102100
19	-00000.100000	000000.098080
20	-00000.100000	-00000.101920
21	000000.000000	000000.100000
22	000000.000000	-00000.100000
23	000000.100000	000000.101920
24	000000.100000	-00000.098080
25	000000.200000	000000.102100
26	000000.200000	-00000.097900

Insérer      Supprimer  
 Modifier      Effacer  
 Log X      Log Y  
 Exp X      Exp Y  
 X<->Y 1 pt      X<->Y Tous  
 Cancel      OK

Cette opération permet de modifier les points utilisés pour l'approximation.

Insérer	Permet d'insérer un nouveau point
Supprimer	Permet de supprimer le point sélectionné
Modifier	Permet de modifier le point sélectionné
Effacer	Permet d'effacer tous les points
Log X	Convertit X en LN(X) pour tous les points
Log Y	Convertit Y en LN(Y) pour tous les points
Exp X	Convertit X en EXP(X) pour tous les points
Exp Y	Convertit Y en EXP(Y) pour tous les points
X<>Y 1pt	Inverse X et Y pour le point sélectionné
X<>Y tous	Inverse X et Y pour tous les points

## 2.2.4 Approximation

### 2.2.4.1 Moindres Carrés

Utilise la méthode des Moindres carrés pour faire l'approximation.

Cette méthode ne résout pas l'approximation à tous les coups mais donne des résultats plus fiables.

Lorsque le message "Ajustement Douteux" apparaît, c'est que le nombre d'itérations maximum a été dépassé. Par conséquent il est souvent nécessaire dans ce cas de relancer une approximation. En cas d'erreur, ré-initialiser les coefficients avec RAZ dans le chapitre 0 "Cette opération permet d'entrer la fonction à approximer.

La fonction peut comporter de 1 à 6 coefficients et doit comporter la variable X.

Les coefficients sont :

A	B	C	D	E	F
1 <sup>er</sup> Coefficient	2 <sup>ème</sup> Coefficient	3 <sup>ème</sup> Coefficient	4 <sup>ème</sup> Coefficient	5 <sup>ème</sup> Coefficient	6 <sup>ème</sup> Coefficient

Les coefficients doivent être saisis consécutivement.

Exemple si E est saisi, alors A,B,C, D doivent l'être aussi.

Par exemple la fonction  $A+B*X+C*X^2$  est valide alors que la fonction  $A+C*X+D*X^2$  ne l'est pas (il manque le coefficient B)

La fonction  $C+B*X+A*X^2$  est aussi valide.

Les opérateurs du compilateur sont :

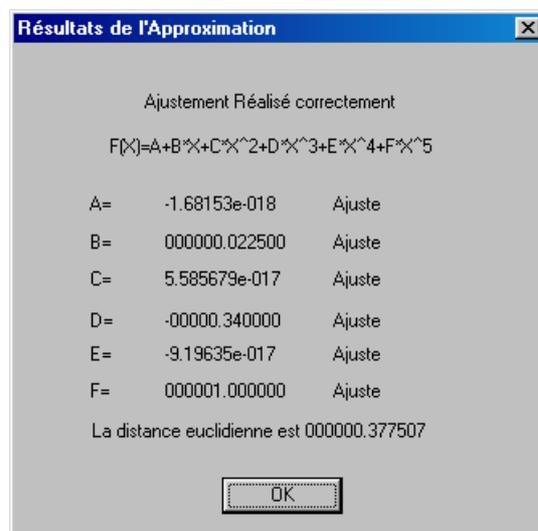
+	Opération d'addition
-	Opération de soustraction
*	Opération de multiplication
/	Opération de division
**	Opération de puissance : $a**b = a^b$
^	Opération de puissance : $a^b = a^b$

Les fonctions du compilateur sont :

SIN	Sinus d'un angle en radian
COS	Cosinus d'un angle en radian
TAN	Tangente d'un angle en radian
SINH	Sinus Hyperbolique
COSH	Cosinus Hyperbolique
TANH	Tangente Hyperbolique
ASIN	Arc Sinus d'un angle en radian
ACOS	Arc Cosinus d'un angle en radian
ATAN	Arc Tangente d'un angle en radian
ASINH	Arc Sinus Hyperbolique
ACOSH	Arc Cosinus Hyperbolique
ATANH	Arc Tangente Hyperbolique
EXP	Exponentielle d'un nombre x.: $e^x$
LN	Logarithme népérien : $\text{Ln}(e^x) = x$
LOG	Logarithme décimal : $\text{Log}(10^x) = x$
SQRT	Racine carrée
COTAN	Cotangente
COTANH	Cotangente hyperbolique
INT	Partie entière
ABS	Valeur absolue
ANINT	Arrondi entier
SIGN	Signe: 1 si $>0$ , -1 si $<0$ , ou 0
AINT	Valeur entière
FACT	Factorielle : $\text{Fact}(x) = x!$
NEG	Négatif ?Renvoie 1 si $<0$ , 0 sinon
POS	Positif ?Renvoie 1 si $>0$ , 0 sinon

En cas d'erreur, l'appui sur le bouton OK permettra d'afficher l'erreur.

Entrer/Modifier les Coefficients" et lancer la méthode de Levenberg Marquardt (voir ci dessous) ou alors essayer de fixer certains coefficients avant de relancer l'approximation.



### 2.2.4.2 Levenberg Marquardt

Utilise la méthode de Levenberg Marquardt pour faire l'approximation. Lorsque le message "Ajustement Douteux" apparaît, c'est que le nombre d'itérations maximum a été dépassé. Par conséquent il est souvent nécessaire dans ce cas de relancer une approximation. En cas d'erreur, ré-initialiser les coefficients avec RAZ dans le chapitre 0 "Cette opération permet d'entrer la fonction à approximer. La fonction peut comporter de 1 à 6 coefficients et doit comporter la variable X.

Les coefficients sont :

A	B	C	D	E	F
1 <sup>er</sup> Coefficient	2 <sup>ème</sup> Coefficient	3 <sup>ème</sup> Coefficient	4 <sup>ème</sup> Coefficient	5 <sup>ème</sup> Coefficient	6 <sup>ème</sup> Coefficient

Les coefficients doivent être saisis consécutivement.

Exemple si E est saisi, alors A,B,C, D doivent l'être aussi.

Par exemple la fonction  $A+B*X+C*X^2$  est valide alors que la fonction  $A+C*X+D*X^2$  ne l'est pas (il manque le coefficient B)

La fonction  $C+B*X+A*X^2$  est aussi valide.

Les opérateurs du compilateur sont :

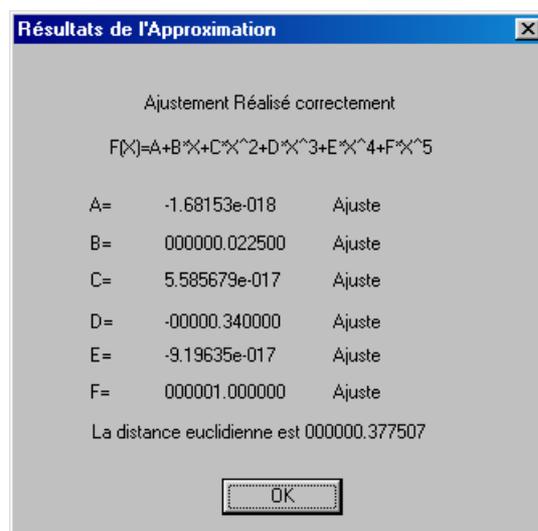
+	Opération d'addition
-	Opération de soustraction
*	Opération de multiplication
/	Opération de division
**	Opération de puissance : $a**b = a^b$
^	Opération de puissance : $a^b = a^b$

Les fonctions du compilateur sont :

SIN	Sinus d'un angle en radian
COS	Cosinus d'un angle en radian
TAN	Tangente d'un angle en radian
SINH	Sinus Hyperbolique
COSH	Cosinus Hyperbolique
TANH	Tangente Hyperbolique
ASIN	Arc Sinus d'un angle en radian
ACOS	Arc Cosinus d'un angle en radian
ATAN	Arc Tangente d'un angle en radian
ASINH	Arc Sinus Hyperbolique
ACOSH	Arc Cosinus Hyperbolique
ATANH	Arc Tangente Hyperbolique
EXP	Exponentielle d'un nombre x.: $e^x$
LN	Logarithme népérien : $\text{Ln}(e^x) = x$
LOG	Logarithme décimal : $\text{Log}(10^x) = x$
SQRT	Racine carrée
COTAN	Cotangente
COTANH	Cotangente hyperbolique
INT	Partie entière
ABS	Valeur absolue
ANINT	Arrondi entier
SIGN	Signe: 1 si >0,-1 si <0, ou 0
AINT	Valeur entière
FACT	Factorielle : $\text{Fact}(x) = x!$
NEG	Négatif ?Renvoie 1 si <0 , 0 sinon
POS	Positif ?Renvoie 1 si >0 , 0 sinon

En cas d'erreur, l'appui sur le bouton OK permettra d'afficher l'erreur.

Entrer/Modifier les Coefficients" et essayer de fixer certains coefficients avant de relancer l'approximation.

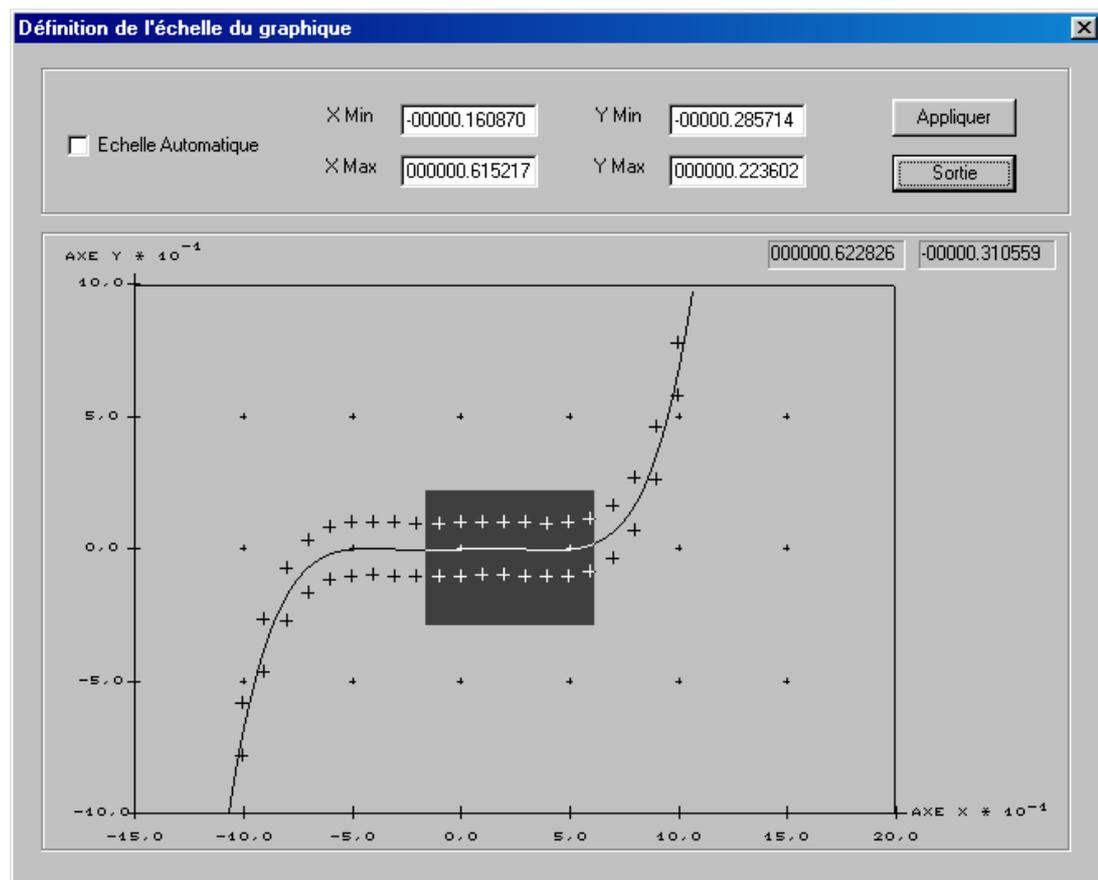


## 2.2.5 Définir l'échelle du graphique

Cette opération permet de définir l'échelle du graphique soit par saisie manuelle des valeurs soit par sélection dans la zone de tracé :

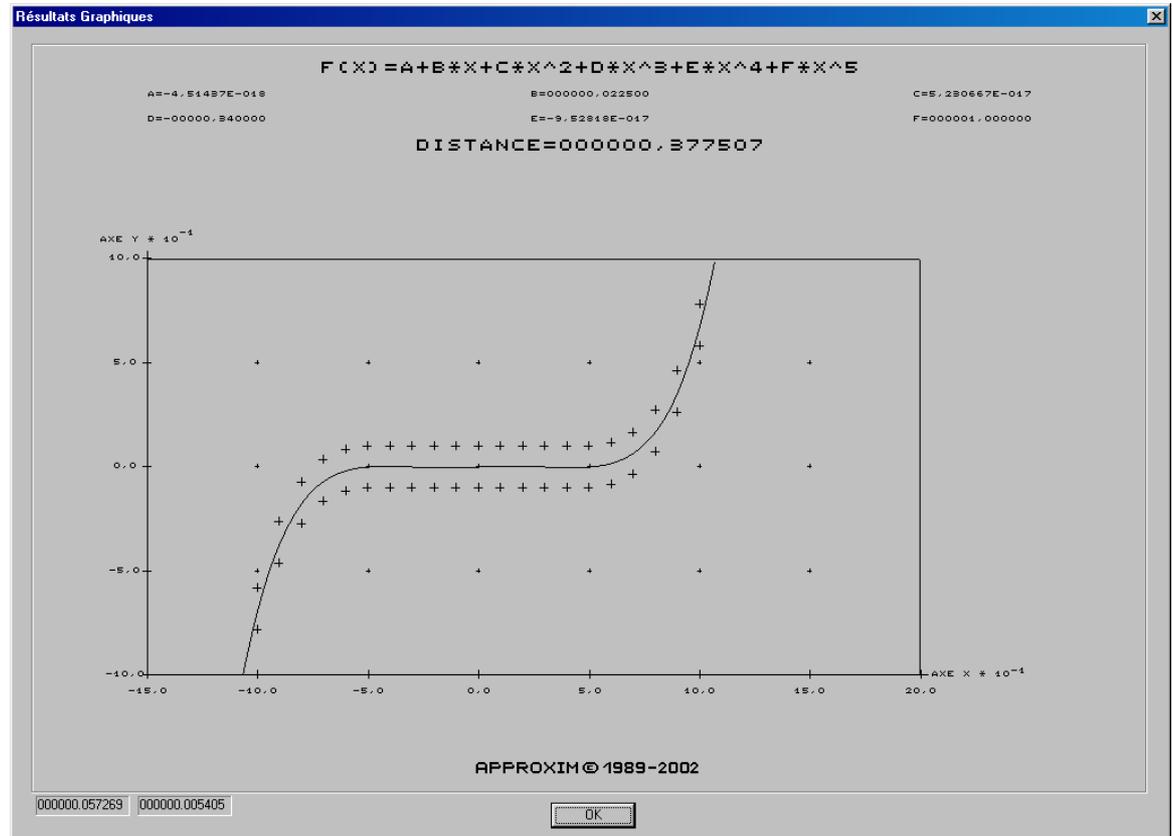
- Soit vous entrez les valeurs XMin, XMax, YMin, YMax dans les cases correspondantes. L'échelle la plus proche de ces valeurs sera calculée lors de la validation en cliquant sur "Appliquer".  
Pour accéder à ces 4 valeurs, il faut désactiver "Echelle Automatique".
- Soit vous sélectionnez dans la zone de tracé avec le bouton gauche de la souris (se positionner au début, maintenir le bouton gauche, et se déplacer jusqu'à la fin, puis relâcher le bouton), lorsque vous relâchez le bouton gauche, les valeurs XMin, XMax, YMin, YMax sont automatiquement mises à jour et le mode "Echelle Automatique" automatiquement désactivé.  
L'échelle la plus proche de ces valeurs sera calculée lors de la validation en cliquant sur "Appliquer".
- Soit vous activez "Echelle Automatique".  
L'échelle sera calculée automatiquement lors de la validation en cliquant sur "Appliquer".

Pour valider, cliquer sur "Appliquer". A ce moment seulement le graphique est mis à jour :



## 2.2.6 Résultats graphiques

Cette opération permet d'afficher en plein écran les résultats graphiques.  
Les coordonnées s'affichent quand on déplace la souris sur la zone de tracé :



## 2.2.7 Impression des résultats...

Cette option permet d'imprimer le graphique en mode paysage. Elle n'est disponible que lorsque la table de points a été définie.

Voir chapitre 2.1.11 "Impression des résultats..."

## 2.3 Equations Différentielles

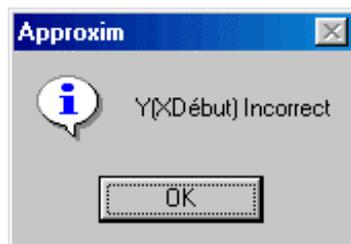
### 2.3.1 1er ordre : $y'=f(x,y)$

Cette opération permet de générer une table de points à partir d'une équation différentielle du premier ordre.

Les valeurs à entrer sont :

Y'	Equation Différentielle (utilisant les mêmes que le compilateur du chapitre 2.2.1 "Entrer une Fonction". Les paramètres Y et A correspondent tous les deux à la fonction Y.
XDébut	Valeur X du premier point
XFin	Valeur X du dernier point (doit être supérieure à la valeur de XDébut)
NbPoints	NbPoints : Nombre de points à calculer (doit être entre 2 et 98)
Finesse	Paramètre de calcul (doit être entre 1 et 499). Plus la finesse est grande, meilleur est le calcul.
Ordre Visualisé	Ici 0 : C'est l'ordre de la fonction à visualiser, ici Y
Y(Xdébut)	Valeur Y du premier point (correspondant à Xdébut)

En cas de doute (si le bouton OK n'est pas activé) cliquer sur le bouton "?". Un message vous signalera l'erreur. Ici :



### 2.3.2 2ème ordre : $y''=f(x,y)$

Cette opération permet de générer une table de points à partir d'une équation différentielle du second ordre.

Equation Différentielle du Second Ordre

$Y'' =$   (avec  $Y=A, Y'=B$ )

$X$ Début   $X$ Fin ( $>X$ Début)  Nb Points (2 à 98)  Finesse (1 à 499)

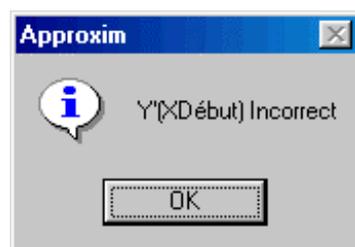
Ordre Visualisé   $Y(X$ Début)   $Y'(X$ Début)

Cancel OK ?

Les valeurs à entrer sont :

$Y''$	Equation Différentielle (utilisant les mêmes que le compilateur du chapitre 2.2.1 "Entrer une Fonction". Les paramètres $Y$ et $A$ correspondent tous les deux à la fonction $Y$ . Les paramètres $Z$ et $B$ correspondent tous les deux à la dérivée de $Y$ ).
$X$ Début	Valeur $X$ du premier point
$X$ Fin	Valeur $X$ du dernier point (doit être supérieure à la valeur de $X$ Début)
NbPoints	NbPoints : Nombre de points à calculer (doit être entre 2 et 98)
Finesse	Paramètre de calcul (doit être entre 1 et 499). Plus la finesse est grande, meilleur est le calcul.
Ordre Visualisé	Ici 0 : C'est l'ordre de la fonction à visualiser, ici $Y$
$Y(X$ début)	Valeur $Y$ du premier point (correspondant à $X$ début)
$Y'(X$ début)	Valeur de la dérivée de $Y$ au premier point (correspondant à $X$ début)

En cas de doute (si le bouton OK n'est pas activé) cliquer sur le bouton "?". Un message vous signalera l'erreur. Ici :



### 2.3.3 Equation nième ordre

Cette opération permet de générer une table de points à partir d'une équation différentielle du nième ordre.

Equation Différentielle du Nième Ordre

Ordre

Y6=  (avec Y=A, Y'=B, Y''=C, ...)

XDébut  XFin (>XDébut)  Nb Points (2 à 98)  Finesse (1 à 499)

Ordre Visualisé  Y(XDébut)  Y'(XDébut)  Y''(XDébut)

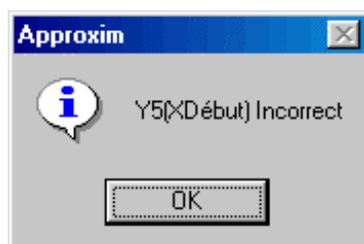
Y3(XD)  Y4(XDébut)  Y5(XDébut)

Cancel OK ?

Les valeurs à entrer sont :

Ordre	Ordre de l'équation différentielle de 1 à 6	
Y <sup>(ordre)</sup>	Equation Différentielle (utilisant les mêmes que le compilateur du chapitre 2.2.1 "Entrer une Fonction". Les paramètres sont :	
	A ou Y	Fonction Y
	B ou Z	Dérivée de Y
	C	Dérivée seconde de Y
	D	Dérivée troisième de Y
	E	Dérivée quatrième de Y
F	Dérivée cinquième de Y	
XDébut	Valeur X du premier point	
XFin	Valeur X du dernier point (doit être supérieure à la valeur de XDébut)	
NbPoints	NbPoints : Nombre de points à calculer (doit être entre 2 et 98)	
Finesse	Paramètre de calcul (doit être entre 1 et 499). Plus la finesse est grande, meilleur est le calcul.	
Ordre Visualisé	Ici 0 : C'est l'ordre de la fonction à visualiser, ici Y	
Y(Xdébut)	Valeur Y du premier point (correspondant à Xdébut)	
Y'(Xdébut)	Valeur de la dérivée de Y au du premier point (correspondant à Xdébut). A entrer si l'ordre est >1	
Y''(Xdébut)	Valeur de la dérivée seconde de Y au du premier point (correspondant à Xdébut). A entrer si l'ordre est >2	
Y3(Xdébut)	Valeur de la dérivée troisième de Y au premier point (correspondant à Xdébut). A entrer si l'ordre est >3	
Y4(Xdébut)	Valeur de la dérivée quatrième de Y au premier point (correspondant à Xdébut). A entrer si l'ordre est >4	
Y5(Xdébut)	Valeur de la dérivée cinquième de Y au premier point (correspondant à Xdébut). A entrer si l'ordre est >5	

En cas de doute (si le bouton OK n'est pas activé) cliquer sur le bouton "?". Un message vous signalera l'erreur. Ici :



## 2.4 Calculs sur la fonction

### 2.4.1 Calcul de $f(x)$

Cette opération permet de faire le calcul de la fonction en un point  $x$ .

Pour accéder à cette opération, la fonction doit avoir été définie dans le chapitre 2.2.1 "Entrer une Fonction"

Calcul de F(X)

$$F(X)=A+B*X+C*X^2+D*X^3+E*X^4+F*X^5$$

A= -4.51437e-018	B= 5.230667e-017	C= 000000.022500
D= -00000.340000	F= 000001.000000	E= -9.52818e-017

Valeur de X:

F(000001.000000)=000000.682500

Calculer      Sortie

### 2.4.2 Résolution $Y=f(x)$

#### 2.4.2.1 Dichotomie (intervalles)

Cette opération permet de résoudre l'équation  $y=f(x)$  par la méthode de la dichotomie (dite aussi méthode des intervalles). Il est nécessaire de connaître l'intervalle dans lequel se trouve le point recherché.

Pour accéder à cette opération, la fonction doit avoir été définie dans le chapitre 2.2.1 "Entrer une Fonction"

Résolution de F(X)=Y par dichotomie

$$F(X)=A+B*X+C*X^2+D*X^3+E*X^4+F*X^5$$

A= -4.51437e-018	B= 5.230667e-017	C= 000000.022500
D= -00000.340000	F= 000001.000000	E= -9.52818e-017

Borne Inférieure:       Borne Supérieure:       Valeur de F(X):

F(000001.068124)=000001.000000

Calculer      Sortie

### 2.4.2.2 Méthode de Newton (tangentes)

Cette opération permet de résoudre l'équation  $y=f(x)$  par la méthode de Newton (dite aussi méthode des tangentes). On part d'un point de départ proche du point recherché. Pour accéder à cette opération, la fonction doit avoir été définie dans le chapitre 2.2.1 "Entrer une Fonction"

**Résolution de  $F(X)=Y$  par la méthode de Newton**

$F(X)=A+B*X+C*X^2+D*X^3+E*X^4+F*X^5$

A= -4.51437e-018      B= 5.230667e-017      C= 000000.022500  
D= -00000.340000      F= 000001.000000      E= -9.52818e-017

Valeur de départ:       Valeur de F(X):

F(000001.068123)=000001.000000

### 2.4.3 Calcul de la dérivée de f

Cette opération permet de faire le calcul de la dérivée de la fonction en un point x.

**Calcul de la dérivée de F en X**

$F(X)=A+B*X+C*X^2+D*X^3+E*X^4+F*X^5$

A= -4.51437e-018      B= 5.230667e-017      C= 000000.022500  
D= -00000.340000      F= 000001.000000      E= -9.52818e-017

Valeur de X:

La dérivée de F en 000001.000000 est 000004.002500

### 2.4.4 Calcul de l'intégrale de f (Simpson)

Cette opération permet de faire le calcul de l'intégrale de la fonction entre 2 points. Pour accéder à cette opération, la fonction doit avoir été définie dans le chapitre 2.2.1 "Entrer une Fonction"

**Calcul de l'intégrale de F entre 2 points (Simpson)**

$F(X)=A+B*X+C*X^2+D*X^3+E*X^4+F*X^5$

A= -4.51437e-018      B= 5.230667e-017      C= 000000.022500  
D= -00000.340000      F= 000001.000000      E= -9.52818e-017

Borne Inférieure:       Borne Supérieure:

L'intégrale de F de 000000.000000 à 000001.000000 est 000000.092917

## 2.5 Aide (?)

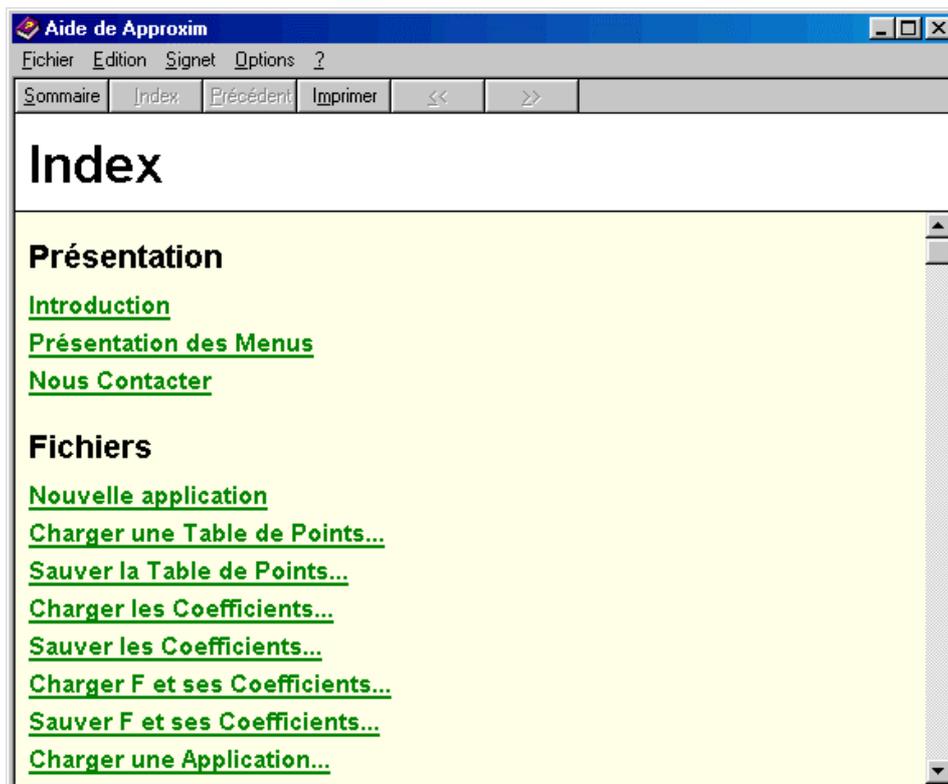
### 2.5.1 A propos de Approxim...

Cette opération permet de visualiser les informations sur le programme



### 2.5.2 Aide, Mode d'emploi

Cette fonction permet d'obtenir l'aide en ligne :



### 3 Exemples d'utilisation de l'Approximation

#### 3.1 Premier Exemple

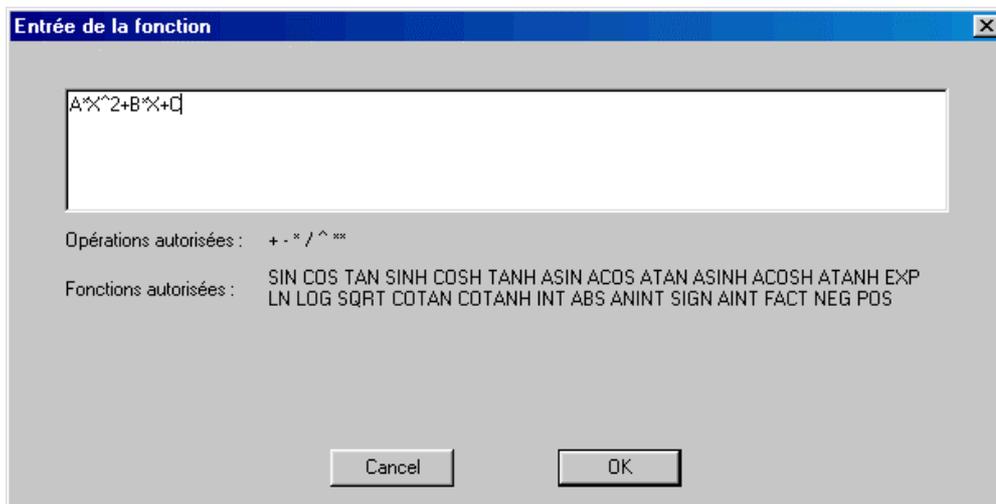
Soit à approximer la fonction  $y=a.x^2+b.x+c$

La table de point contient les 4 points suivants :

x=1	y= 3
x=2	y= 7
x=3	y=13
x=4	y=21

##### 3.1.1 Entrée de la fonction

Aller dans le menu "Approximation" et sélectionner l'opération "Entrer une Fonction" comme défini dans le chapitre 2.2.1.



### 3.1.2 Vérification des Coefficients

Aller dans le menu "Approximation" et sélectionner l'opération "Entrer/Modifier les Coefficients" comme défini dans le chapitre 0.

MODIFICATION DES COEFFICIENTS DE LA FONCTION

$F(X)=A*X^2+B*X+C$

A= 000000.000000  Fixe

B= 000000.000000  Fixe

C= 000000.000000  Fixe

RAZ Cancel OK

### 3.1.3 Entrer des points

Aller dans le menu "Approximation" et sélectionner "Entrer une Table de Points " comme défini dans le chapitre 2.2.3.

Saisie / Modification de la table de points

1	000001.000000	000003.000000
2	000002.000000	000007.000000
3	000003.000000	000013.000000
4	000004.000000	000021.000000

Insérer Supprimer

Modifier Effacer

Log X Log Y

Exp X Exp Y

X<->Y 1 pt. X<->Y Tous

Cancel OK

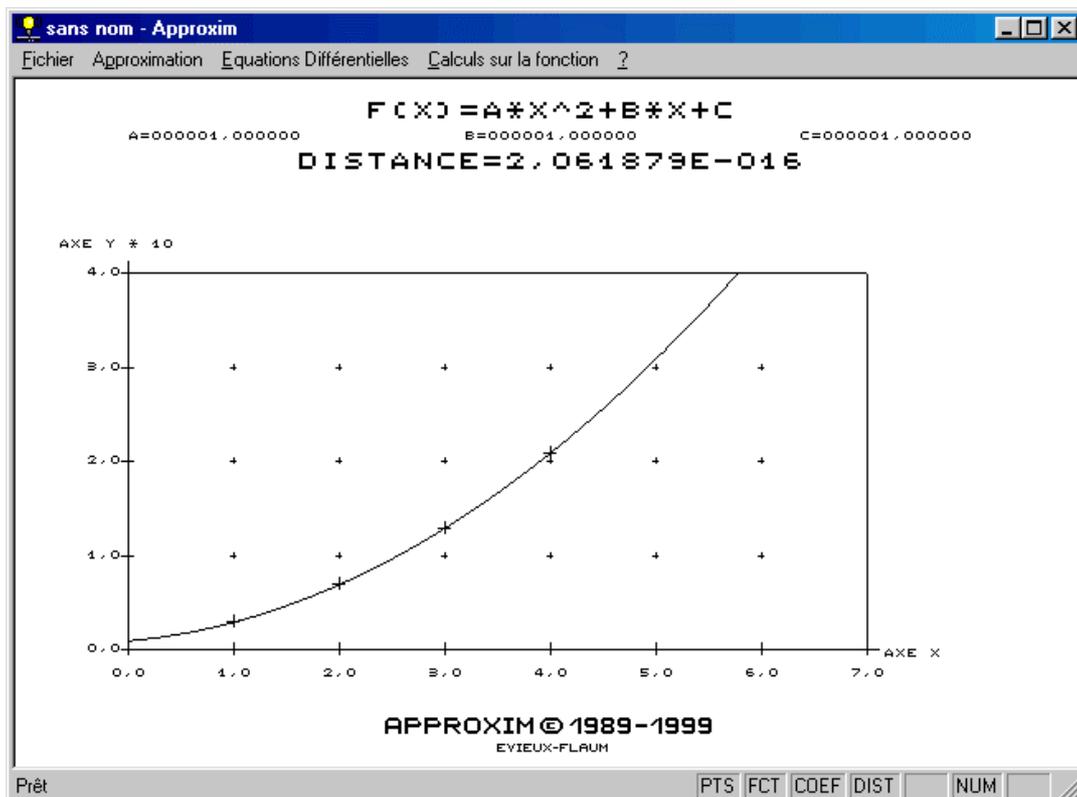
### 3.1.4 Approximation de la fonction

On va utiliser dans un premier temps la méthode des moindres carrés. Aller dans le menu "Approximation", sélectionner le sous menu "Approximation" et sélectionner "Moindres Carrés " comme défini dans le chapitre 2.2.4.1.



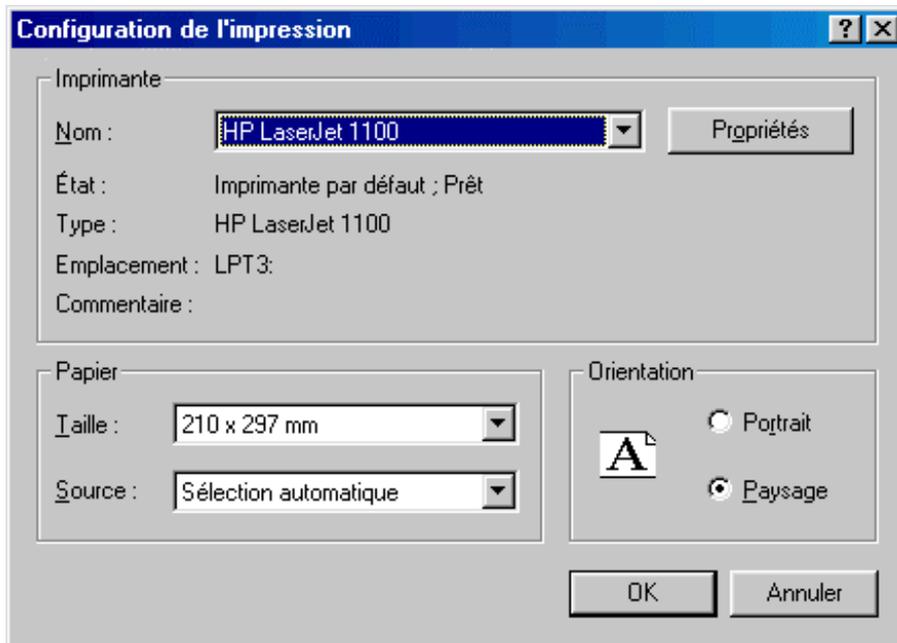
### 3.1.5 Aperçu sur l'écran principal

On voit désormais la fonction, les coefficients, les points et la distance:



### 3.1.6 Impression des résultats...

On peut imprimer les résultats dans les 2 menus "Approximation" et "Fichier"  
Aller dans le menu "Approximation" et sélectionner " Impression des résultats..." comme défini dans les chapitre 2.1.11 et 2.2.7.

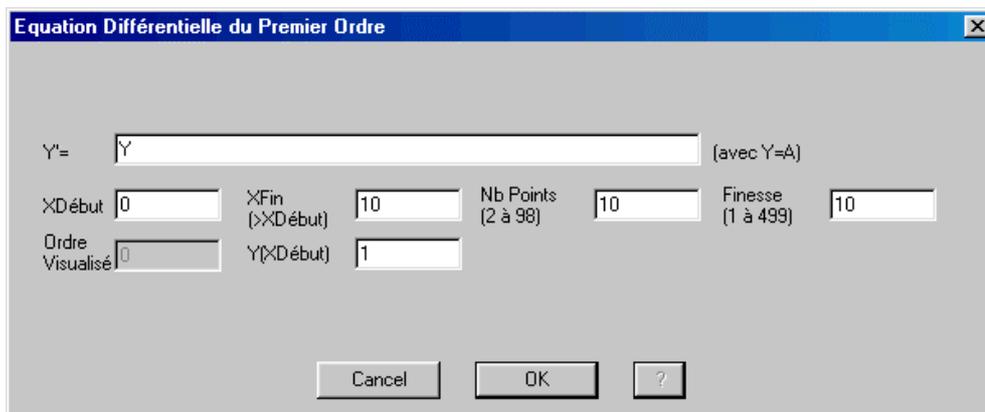


## 3.2 Deuxième Exemple : utilisation des Equations différentielles

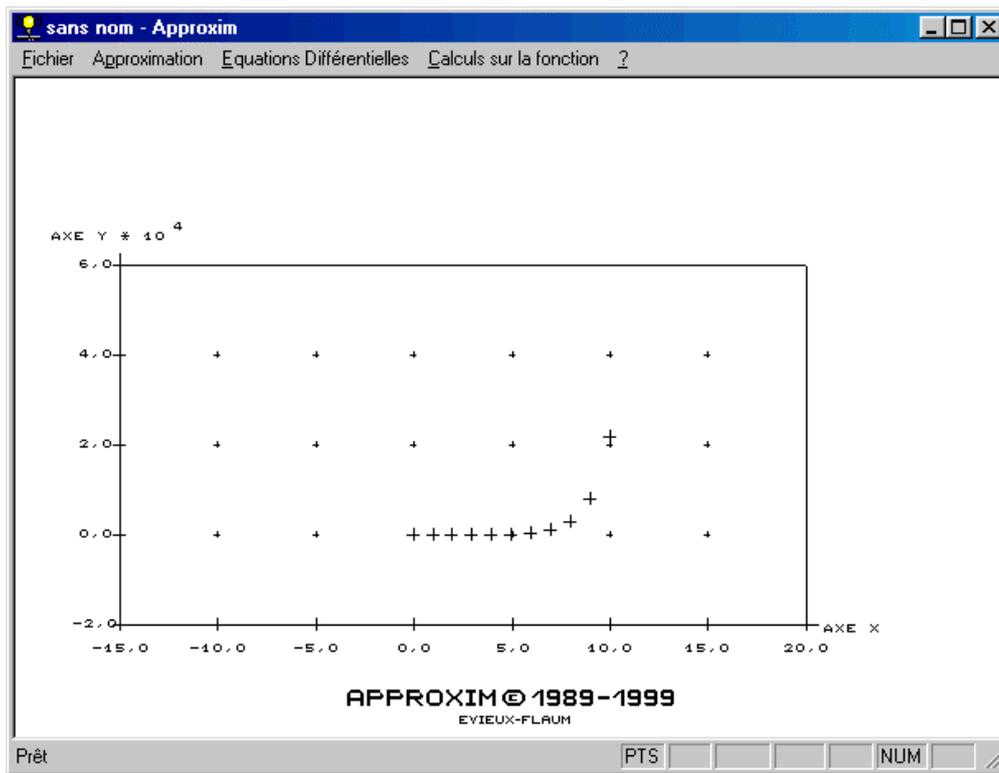
Soit à approximer l'équation différentielle  $y'=y$  par la fonction  $y=a.exp(b.x)$

### 3.2.1 Calcul des points par l'équation différentielle

Aller dans le menu "Equations Différentielles" et sélectionner "1er ordre :  $y'=f(x,y)$ " comme défini dans le chapitre 2.3.1.

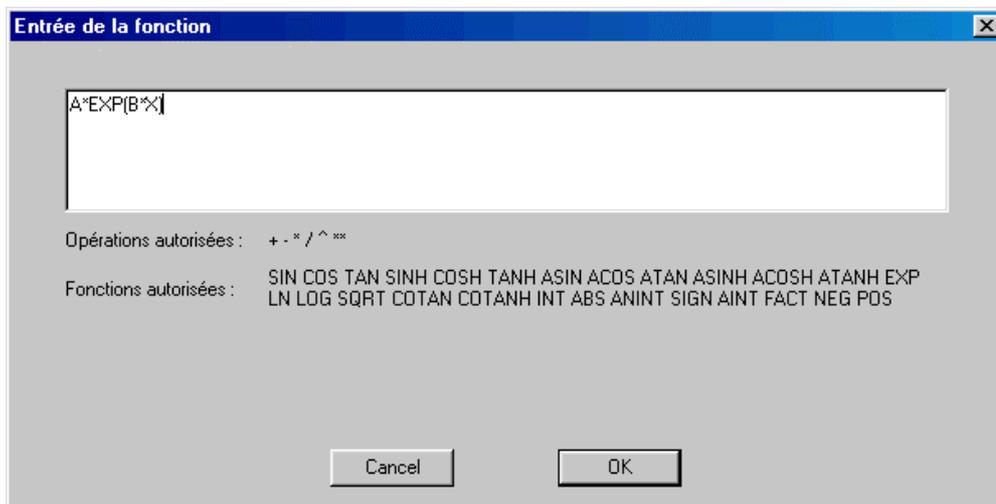


et voici le résultat :



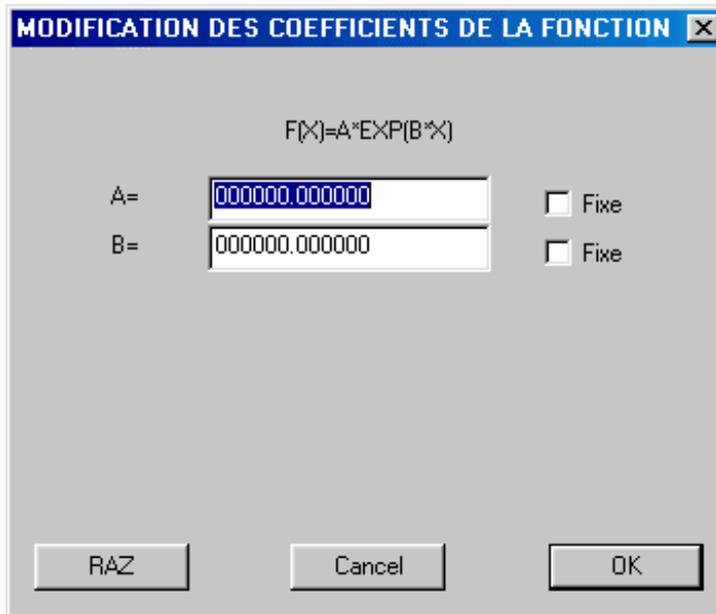
### 3.2.2 Entrée de la fonction

Aller dans le menu "Approximation" et sélectionner l'opération "Entrer une Fonction" comme défini dans le chapitre 2.2.1.



### 3.2.3 Vérification des Coefficients

Aller dans le menu "Approximation" et sélectionner l'opération "Entrer/Modifier les Coefficients" comme défini dans le chapitre 0.



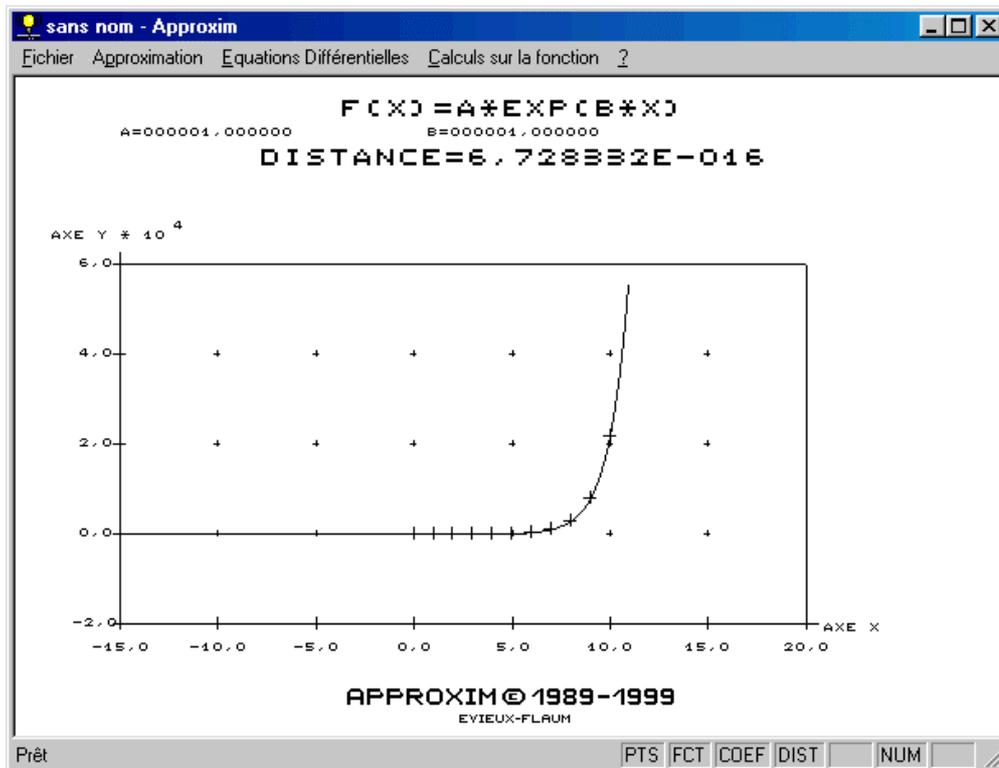
### 3.2.4 Approximation de la fonction

Vu la complexité, on va utiliser la méthode de Levenberg Marquardt  
Aller dans le menu "Approximation", sélectionner le sous menu "Approximation" et sélectionner "Levenberg Marquardt" comme défini dans le chapitre 2.2.4.2.



### 3.2.5 Aperçu sur l'écran principal

On voit désormais la fonction, les coefficients, les points et la distance:



### 3.2.6 Impression des résultats...

On peut imprimer les résultats dans les 2 menus "Approximation" et "Fichier". Aller dans le menu "Approximation" et sélectionner "Impression des résultats..." comme défini dans les chapitre 2.1.11 et 2.2.7.

