

χ CAS pour TI Nspire

Bernard.Parisse@ujf-grenoble.fr

2020

Table des matières

1	Introduction	2
2	Installation	3
3	Interface "pretty print"	3
4	Interface shell : premiers pas	4
5	Commandes usuelles de calcul formel	5
5.1	Développer et factoriser	5
5.2	Analyse	6
5.3	Résoudre	8
5.4	Arithmétique	9
5.4.1	Entiers	9
5.4.2	Polynômes	10
5.4.3	$\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$ et corps finis	12
5.5	Algèbre linéaire, vecteurs, matrices	12
6	Probabilités et statistiques	15
6.1	Tirages aléatoires	15
6.2	Lois de probabilités	15
6.3	Statistiques descriptives 1-d	15
6.4	Statistiques descriptives 2-d, régressions.	16
7	Courbes et autres représentations graphiques	17
8	Géométrie analytique.	21
9	Unités et constantes physiques.	21
10	L'éditeur d'expressions	22

11 Sessions de calculs	23
11.1 Edition de l'historique.	23
11.2 Variables	24
11.3 Sauvegarde et compatibilité	24
12 Programmation	24
12.1 Prise en main (programmation)	25
12.2 Quelques exemples	28
12.3 Commandes utilisables	28
13 Interpréteur MicroPython intégré	28
13.1 Les modules standard : math, cmath, random	29
13.2 Le module cas	29
13.3 Le module graphic	29
13.4 Le module matplotlib	29
13.5 Le module arit	30
13.6 Le module linalg	30
13.7 Le module numpy	30
14 Applications additionnelles.	35
15 Raccourcis claviers.	35
16 Extinction, reset, horloge.	36
17 Copyright, licences et remerciements	37
18 Développement en C++ avec χCAS et Ndless	37

1 Introduction

Ce document explique comment prendre en main et utiliser efficacement sur calculatrices TI Nspire CX le système de calcul formel χ CAS (une version adaptée du logiciel Xcas pour cette calculatrice) ainsi que l'environnement MicroPython le plus complet à ce jour pour faire des mathématiques sur calculatrices (section 13).

χ CAS est une calculatrice graphique formelle indépendante de la calculatrice nspire avec des fonctionnalités pour les élèves qui envisagent une poursuite d'études en sciences ou en maths : grande variété de représentations graphiques, géométrie analytique, arithmétique et cryptographie (corps finis premiers et extensions, polynômes, etc.), algèbre, algèbre linéaire, analyse numérique, calcul flottant multi-précision et certifié (arithmétique d'intervalle), etc.

Toutes ces fonctionnalités sont intégrées, on peut représenter sur un même graphique un histogramme et un graphe de fonction et une droite, on peut écrire un programme pour faire une simulation et représenter les résultats graphiquement, ou utiliser les fonctions mathématiques dans un programme en syntaxe Python. De plus les sessions de

calcul sont compatibles avec Xcas, Xcas pour Firefox et avec d'autres calculatrices compatibles χ CAS (Numworks, Casio Graph 90 et 35eii).

Ici, on passera un peu de temps à apprendre comment utiliser le shell et les outils d'édition pour ensuite les faire travailler harmonieusement ensemble, sans autres limites que la mémoire et la vitesse de la TI (tout à fait raisonnable pour une calculatrice). Il est donc fortement recommandé de lire cette documentation pour une utilisation optimale de χ cas, à l'exception de la section 18 qui s'adresse uniquement aux programmeurs qui souhaitent programmer leur calculatrice en C ou C++.

N.B. : Ce document est interactif, vous pouvez modifier les commandes et voir le résultat de l'exécution des commandes proposées en exemple en cliquant sur le bouton `exe` (ou en validant avec la touche Entrée).

2 Installation

Avant d'installer χ CAS, vous devrez installer ndless en suivant l'un des tutoriels suivants :

- Tutoriel si vous possédez une Nspire CX ou CX CAS avec OS 4.5.0 ou inférieur.
- Tutoriel si vous possédez une Nspire CX ou CX CAS avec un OS 4.5.x (x entre 1 et 3)
- Tutoriel si vous possédez une Nspire CX II ou CX CAS II

Ensuite, ouvrez le logiciel de communication de la TI Nspire et transférez

- `luagiac.luax.tns` et `khicaslua.tns` (interface pretty print)
- `khicas.tns` (interface shell)
- éventuellement le répertoire d'exemples `Xcas`.

Examens :

- **Attention, certains concours ou examens interdisent l'utilisation de calculatrices formelles.** Il est de la responsabilité de l'utilisateur de vérifier que les calculatrices formelles sont autorisées avant d'utiliser χ CAS dans un examen ou concours. Les auteurs ne sauraient être tenus pour responsables en cas d'utilisation non autorisée.
- χ CAS n'est pour l'instant pas compatible avec le mode examen.

Mise en garde :

Texas Instruments ne semble pas vouloir laisser ses utilisateurs libres d'utiliser des programmes ndless, et fait tout son possible pour rendre ndless inutilisable à chaque mise à jour (en général sous prétexte de "sécurité"). Si vous faites une mise à jour à partir d'octobre 2020, vous prenez le risque de ne plus pouvoir utiliser ndless donc de ne plus pouvoir utiliser χ CAS. **Je vous conseille vivement de ne jamais faire de mise à jour de votre TI Nspire sans vous être bien renseigné sur le site tiplanet.**

3 Interface "pretty print"

Cette interface ouvre un écran de calcul similaire à celui du Scratchpad de la TI Nspire (A Calculs du menu principal). À privilégier si vous voulez surtout faire des calculs en profitant de la saisie 2d des expressions. Si vous n'êtes pas sur l'écran

d'accueil de la Nspire, tapez la touche ON/HOME. Ensuite tapez 2, puis sélectionnez `khicaslua`.

Les commandes les plus utilisées de Xcas sont listées depuis la touche menu. On peut accéder au shell (section 4) en tapant * sur une ligne vide, et à l'éditeur de scripts (section 12) en tapant + ou + "nom_de_fichier" (mettre le nom du script sans l'extension `.py.tns`).

4 Interface shell : premiers pas

Si vous n'êtes pas sur l'écran d'accueil de la Nspire, tapez la touche ON/HOME. Ensuite tapez 2, puis sélectionnez `khicas` et tapez sur enter (vous pouvez aussi aller dans le répertoire Xcas et sélectionner un exemple puis touche enter pour ouvrir un exemple). Ceci ouvre après une dizaine de secondes un "shell" dans lequel vous pourrez taper les commandes de calcul formel de Xcas. Lors de la première exécution vous devrez choisir entre l'interpréteur Xcas et l'interpréteur MicroPython. Taper enter pour choisir Xcas (sauf si vous êtes principalement intéressé par l'environnement Python, cf. la section 13).

Pour quitter χ CAS et revenir à l'explorateur de la Nspire, il faut taper la touche doc (doc signifie documents) plusieurs fois (deux fois depuis le shell).

Par exemple, tapez $1/2+1/6$ puis enter, vous devriez voir le résultat $2/3$ s'afficher sur la ligne du dessous.

Vous pouvez recopier dans la ligne de commande une commande de l'historique en utilisant le curseur vers le haut ou vers le bas puis enter, puis vous pouvez modifier la commande et l'exécuter. Par exemple, taper sur la touche curseur vers le haut, enter et remplacez $1/6$ par $1/3$.

Vous pouvez utiliser le résultat de la dernière commande avec la touche Ctrl-Ans de la calculatrice (ans en couleur au-dessus de la touche (-)). Il vaut en général mieux définir une variable comme résultat d'une commande si on souhaite la réutiliser. Pour cela, on utilise une des deux instructions d'affectation :

- l'affectation vers la droite \Rightarrow s'obtient avec la touche `sto→` de la calculatrice (Ctrl puis `var`), par exemple $2\Rightarrow A$ met 2 dans la variable A. Vous pouvez ensuite utiliser A dans un calcul, sa valeur sera remplacée par 2.
- l'affectation vers la gauche $=$. Par exemple $A=2$ fait la même chose que $2\Rightarrow A$.

Pour vous aider à saisir les commandes Xcas les plus utiles, χ CAS dispose d'un catalogue d'une centaine de commandes, avec une courte description et le plus souvent un exemple d'exécution facile à recopier. Appuyez sur la touche doc, choisissez une catégorie avec le curseur, par exemple `Algebre`, tapez enter, puis choisissez une commande avec le curseur, par exemple `factor`. Un deuxième appui sur la touche doc vous affiche une courte description de la commande, en général avec un exemple. En tapant sur tab (ou enter), vous recopiez l'exemple en ligne de commande. Vous pouvez alors valider (enter) ou modifier la commande et valider (enter) pour factoriser un autre polynôme que celui donné en exemple.

Lorsqu'une commande renvoie une expression, celle-ci est affichée en écriture naturelle (affichage 2-d). Vous pouvez faire défiler l'affichage avec les touches du curseur lorsque l'expression est grande. Tapez sur esc pour revenir au shell.

Maintenant essayez de taper la commande `plot(sin(x))`. Indication : taper `doc`, puis sélectionner `Courbes`, ou `shift-3`.

Lorsqu'une commande renvoie un graphe, celui-ci est affiché. Vous pouvez modifier la fenêtre graphique d'affichage avec les touches `+` ou `-` (zoom in ou out), les touches du curseur, orthonormaliser le repère (touche `/`) ou faire une recherche automatique de l'échelle (autoscale touche `*`). Pour enlever ou remettre les axes et graduations, tapez sur `var`. Tapez sur `esc` pour revenir au shell.

Vous pouvez effacer l'historique des calculs et les variables pour commencer un nouvel exercice : depuis le menu `doc` sélectionnez `9 Effacer historique`. Vous avez ensuite le choix entre effacer l'écran en conservant les variables (touche de validation à droite de la touche `U`) ou en les effaçant (`esc`). Vous pouvez visualiser la place occupée par les variables en tapant sur la touche `var`. Pour effacer une variable pour faire de la place en mémoire, sélectionnez la commande `purge` dans ce menu, puis taper le nom de variable à effacer (ou sélectionnez la variable depuis le menu `var`).

Pour quitter χ CAS, appuyez sur la touche `doc` 2 fois. Lorsque vous lancez une autre application, les variables et l'historique des calculs sont sauvegardés (dans le fichier `session.xw.tns` du répertoire Xcas de la Nspire), ils seront restaurés lorsque vous reviendrez dans χ CAS.

Remarques :

- Depuis le shell de calcul, les touches 1 à 9, 0, `.`, `(` et `)` précédées de `shift` font apparaître un petit menu pour saisir rapidement certaines commandes.
- Lorsque le curseur est sur la ligne de commande juste après un nom de commande, l'appui sur la touche curseur vers le bas permet de voir l'aide sur la commande (si l'aide existe) et de saisir un exemple.
- Exemple : tapez `shift 2`, puis `3` (integrate), flèche vers le bas, puis `tab` ou `enter`. Modifiez l'expression à intégrer selon vos besoin puis tapez `enter`.

5 Commandes usuelles de calcul formel

5.1 Développer et factoriser

Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu `Algebre (2)` ou le menu rapide `shift-1`

- `factor` : factorisation. Raccourci clavier `shift-*` (préfixé) ou `=>*` (infixé touche `sto` puis `*`), par exemple `x^4-1=>*`

$$(x - 1)(x + 1)(x^2 + 1)$$

. Utiliser `cfactor` pour factoriser sur \mathbb{C} .

- `partfrac` : développement d'un polynôme ou décomposition en éléments simples pour une fraction. Raccourci clavier `=>+` (touche `sto` puis `+`), par exemple `(x+1)^4=>+`

$$x^4 + 4x^3 + 6x^2 + 4x + 1$$

ou $1/(x^4-1) \Rightarrow +$

$$\frac{1}{4(x-1)} - \frac{1}{4(x+1)} - \frac{1}{2(x^2+1)}$$

- `simplify` : essai de simplifier une expression. Raccourci clavier $\Rightarrow /$ (touche \rightarrow puis $/$), par exemple $\sin(3x)/\sin(x) \Rightarrow /$

$$2 \cos(2x) + 1$$

Attention, cette commande est gourmande en mémoire, et la TI en a peu, le risque de reset existe.

- `ratnormal` : développer une expression, écrire une fraction sous forme irréductible.

5.2 Analyse

Depuis le catalogue (doc), sélectionner le sous-menu Analyse (4) ou le menu rapide shift-2

- `diff` : dérivation. On peut aussi utiliser la notation ' (shift-*) pour dériver par rapport à x , ainsi
`diff(sin(x), x)`

$$\cos x$$

et `sin(x)'`

$$\cos x$$

sont équivalents. Pour dériver plusieurs fois, ajouter le nombre de dérivations par exemple `diff(sin(x^2), x, 3)`

$$-8x^3 \cos(x^2) - 12x \sin(x^2)$$

- `integrate` : primitive si 1 ou 2 arguments, par exemple
`integrate(sin(x))`

$$-\cos x$$

ou `integrate(1/(t^4-1), t)`

$$\frac{\ln|t-1|}{4} - \frac{\ln|t+1|}{4} - \frac{\arctan t}{2}$$

pour $\int \frac{1}{t^4-1} dt$

Calcul d'intégrale définie si 4 arguments, par exemple `integrate(sin(x)^4, x, 0, pi)`

$$\frac{3}{8}\pi$$

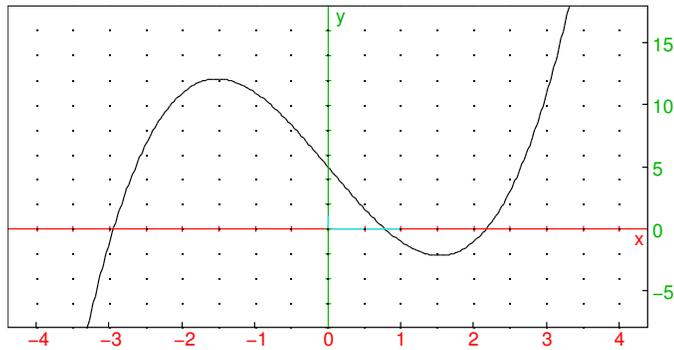
pour $\int_0^\pi \sin(x)^4 dx$. Mettre une des bornes d'intégration sous forme approchée si on souhaite un calcul approché d'intégrale définie, par exemple `integrate (sin (x) ^4, x, 0.0, pi)`

1.1780972451

- `limit` : limite d'une expression. Exemple `limit ((cos (x) -1) /x^2, x=0)`

$$-\frac{1}{2}$$

- `tabvar` : tableau de variations d'une expression. Par exemple `tabvar (x^3-7x+5)` on peut vérifier avec le graphe `plot (x^3-7x+5, x, -4, 4)`



- `taylor` et `series` : développement de Taylor (ou développement limité ou asymptotique). Par exemple `taylor (sin (x) , x=0, 5)`

$$x - \frac{x^3}{6} + \frac{x^5}{120} + x^6 \text{order_size}(x)$$

- `sum` : somme discrète. Par exemple `sum (k^2, k, 1, n)`

$$\frac{2(n+1)^3 - 3(n+1)^2 + n + 1}{6}$$

calcule $\sum_{k=1}^n k^2$,
`sum (k^2, k, 1, n) => *`

$$\frac{1}{6}n(n+1)(2n+1)$$

calcule la somme et l'écrit sous forme factorisée.

5.3 Résoudre

Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu `Resoudre` (doc puis touche `ln`)

- `solve` permet de résoudre de manière exacte une équation (se ramenant à une équation polynomiale). Il faut préciser la variable si ce n'est pas `x` par exemple
`solve (t^2-1=0, t)`

$[-1, 1]$

Si la recherche exacte échoue, la commande `fsolve` permet de faire une résolution approchée, soit par une méthode itérative en partant d'une valeur initiale
`fsolve (cos (x) =x, x=0.0)`

0.739085133215

, soit par dichotomie `fsolve (cos (x) =x, x=0. .1)`

$[0.739085133215]$

Pour avoir des solutions complexes, utiliser `csolve`.

On peut faire des hypothèses sur la variable que l'on cherche, par exemple `assume (m>1)`

m

puis `solve (m^2-4=0, m)`

$[2]$

- `solve` permet aussi de résoudre des systèmes polynomiaux simples, on donne en 1er argument la liste des équations, en 2ème argument la liste des variables. Par exemple intersection d'un cercle et d'une droite
`solve ([x^2+y^2+2y=3, x+y=1], [x, y])`

$[[0, 1], [2, -1]]$

- `linsolve` permet de résoudre des systèmes linéaires. On lui passe la liste des équations et la liste des variables (par convention une expression équivaut à l'équation `expression=0`). Par exemple
`linsolve ([x+2y=3, x-y=7], [x, y])`

$\left[\frac{17}{3}, -\frac{4}{3} \right]$

`linsolve` renvoie la solution générale du système (y compris si la solution n'est pas unique).

- `desolve` permet de résoudre de manière exacte certaines équations différentielles, par exemple pour résoudre $y' = 2y$, on tape `desolve (y' = 2y)`.
Un exemple où on indique une condition initiale, la variable indépendante et la fonction inconnue :
`desolve ([y' = 2y, y(0) = 1], x, y)` Utiliser `odesolve` pour une résolution approchée et `plotode` pour une représentation graphique de solution calculée de manière approchée.
- `rsolve` permet de résoudre de manière exacte certaines relations de récurrences $u_{n+1} = f(u_n, \dots)$, par exemple les suites arithmético-géométriques, par exemple $u_{n+1} = 2u_n + 3, u_0 = 1$
`rsolve (u(n+1) = 2*u(n) + 3, u(n), u(0) = 1)`

$$[4 \cdot 2^n - 3]$$

5.4 Arithmétique

Lorsque cela est nécessaire, on distingue l'arithmétique des entiers de celle des polynômes par l'existence du préfixe `i` (comme `integer`) dans un nom de commande, par exemple `ifactor` factorise un entier (pas trop grand) alors que `factor` factorise un polynôme (et `cfactor` factorise un polynôme sur les complexes). Certaines commandes fonctionnent à la fois pour les entiers et les polynômes, par exemple `gcd` et `lcm`.

5.4.1 Entiers

- Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu `Arithmetic, Crypto` (doc 5)
- `iquo(a, b), irem(a, b)` quotient et reste de la division euclidienne de deux entiers.

```
iquo(23, 13), irem(23, 13)
```

1, 10

- `isprime(n)` teste si n est un nombre premier. Le test est probabiliste pour de grandes valeurs de n .
`isprime(2^64+1)`

faux

- `ifactor(n)` factorise un entier pas trop grand (jusque 128 bits environ). Par exemple
`ifactor(2^64+1)`

67280421310721 · 274177

Raccourci clavier touches → puis * (`=>*`)

- `gcd(a, b), lcm(a, b)` PGCD et PPCM de deux entiers ou de deux polynômes

`gcd(25, 15), lcm(25, 15)`

5, 75

`gcd(x^3-1, x^2-1), lcm(x^3-1, x^2-1)`

$x - 1, (x^2 + x + 1)(x^2 - 1)$

- `iegcd(a, b)` renvoie 3 entiers u, v, d tels que $au + bv = d$ où d est le PGCD de a et b , avec $|u| < |b|$ et $|v| < |a|$.

`u, v, d:=iegcd(23, 13); 23u+13v`

[4, -7, 1], 1

- `ichinrem([a, m], [b, n])` lorsque cela est possible, renvoie c tel que $c = a \pmod{m}$ et $c = b \pmod{n}$ (si m et n sont premiers entre eux, c existe).

`c, n:=ichinrem([1, 23], [2, 13]); irem(c, 23);`

`irem(c, 13)`

[93, 299], 1, 2

- `powmod(a, n, m)` calcule $a^n \pmod{m}$ par l'algorithme de la puissance rapide modulaire.

`powmod(7, 22, 23)`

1

Les commandes `asc` et `char` permettent de convertir une chaîne de caractères en liste d'entiers (entre 0 et 255) et réciproquement, ce qui permet de faire facilement de la cryptographie avec des messages sous forme de chaînes de caractères.

5.4.2 Polynômes

Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu Polynômes (8). La variable est par défaut x , sinon il faut la spécifier en général en dernier argument, par exemple `degree(x^2*y)` ou `degree(x^2*y, x)` renvoient 2, alors que `degree(x^2*y, y)` renvoie 1

- `coeff(P, n)` coefficient de x^n dans P , `lcoeff(P)` coefficient dominant de P , par exemple

`P:=x^3+3x; coeff(P, 1); lcoeff(P)`

$x^3 + 3x, 3, 1$

- `degre (P)` degré du polynôme P .
`degree (x^3)`

3

- `quo (P, Q)`, `rem (P, Q)` quotient et reste de la division euclidienne de P par Q
`P:=x^3+7x-5; Q:=x^2+x; quo (P, Q); rem (P, Q)`

$$x^3 + 7x - 5, x^2 + x, x - 1, 8x - 5$$

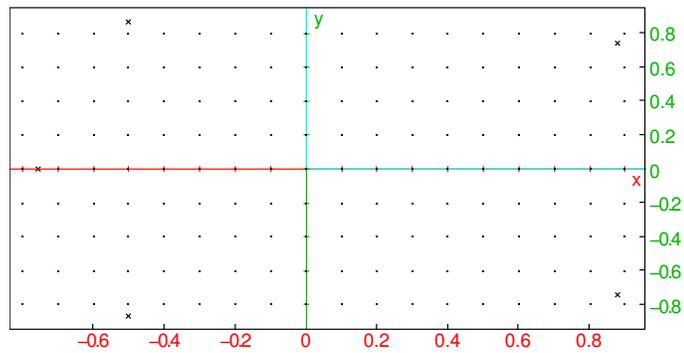
- `proot (P)` : racines approchées de P (réelles et complexes)

`proot (x^5+x+1)`

`[-0.754877666247, -0.5 - 0.866025403784i, -0.5 + 0.866025403784i, 0.877438833123 - 0.74486176662i, 0.877438833123 + 0.74486176662i]`

Représentation graphique :

`point (proot (x^5+x+1))`



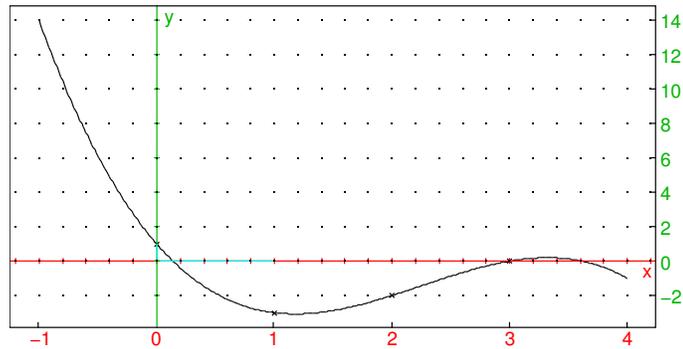
- `interp (X, Y)` : pour deux listes de même taille, polynôme d'interpolation passant par les points (X_i, Y_i) .

`X, Y:=[0, 1, 2, 3], [1, -3, -2, 0]; P:=interp (X, Y)=>`

$$[0, 1, 2, 3], [1, -3, -2, 0], \frac{-4x^3 + 27x^2 - 47x + 6}{6}$$

Représentation graphique

`scatterplot (X, Y); plot (P, x, -1, 4)`



- resultant (P, Q) : résultant des polynômes P et Q
 $P := x^3 + 7x - 5$; $Q := x^2 + x$; resultant (P, Q)

$$x^3 + 7x - 5, x^2 + x, 65$$

- hermite (x, n) : n-ième polynôme de Hermite, orthogonal pour la densité $e^{-x^2} dx$ sur \mathbb{R}
- laguerre (x, n, a) : n-ième polynôme de Laguerre,
- legendre (x, n) : n-ième polynôme de Legendre, orthogonal pour la densité dx sur $[-1, 1]$
- tchebyshev1 (n) et tchebyshev2 (n) polynômes de Tchebyshev de 1ère et 2ème espèce définis par :

$$T_n(\cos(x)) = \cos(nx), \quad U_n(\cos(x)) \sin(x) = \sin((n+1)x)$$

5.4.3 $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$ et corps finis

Pour travailler avec des classes modulo n , utiliser la notation $a \bmod n$, par exemple `sqrt(2 mod 7)`. Ceci s'applique aussi pour travailler sur des corps finis premiers $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$. Pour travailler sur des corps finis non premiers, il faut d'abord définir le corps avec GF, puis on utilise un polynôme en le générateur du corps.

5.5 Algèbre linéaire, vecteurs, matrices

Xcas ne fait pas de différence entre vecteur et liste. Par exemple pour faire le produit scalaire de deux vecteurs, on peut saisir :

```
v := [1, 2]; w := [3, 4]
```

```
dot(v, w)
```

11

Pour saisir une matrice élément par élément, taper sur shift-7 (touche M comme matrice) puis `matrix(` ou `doc i` (éditer matrice). Vous pouvez ensuite créer une nouvelle matrice ou éditer une matrice existante parmi la liste de variables proposées.

12

Pour de petites matrices, vous pouvez aussi entrer en ligne de commandes une liste de listes de même taille. Par exemple pour définir la matrice

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$$

`A:=[[1,2],[3,4]]`

ou `[[1,2],[3,4]]=>A`

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$$

Il est fortement conseillé de stocker les matrices dans des variables pour éviter de les saisir plusieurs fois.

Pour entrer une matrice dont les coefficients sont donnés par une formule, on peut utiliser la commande `matrix`, par exemple

`matrix(2,2,(j,k)->1/(j+k+1))`

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{3} \end{pmatrix}$$

renvoie la matrice dont le coefficient ligne j et colonne k vaut $\frac{1}{j+k+1}$ (attention les indices commencent à 0).

La matrice identité de taille n est renvoyée par la commande `idn(n)`, alors que `ranm(n,m,loi,[parametres])` renvoie une matrice à coefficients aléatoires de taille n, m . Par exemple

`U:=ranm(4,4,uniformd,0,1)`

$$\begin{pmatrix} 0.0881637986749 & 0.536643749103 & 0.360248812009 & 0.630750506185 \\ 0.0543795586564 & 0.819389336277 & 0.251521021593 & 0.0686232172884 \\ 0.178203014191 & 0.346399624366 & 0.852082391735 & 0.614078260958 \\ 0.714221911505 & 0.784336711746 & 0.453634891659 & 0.433968523517 \end{pmatrix}$$

`N:=ranm(4,4,normald,0,1)`

$$\begin{pmatrix} -0.57241508091 & -0.751538700822 & 0.989770363266 & -0.00575141421859 \\ 0.902209004052 & 0.455987131429 & -1.85967614286 & -0.243668831329 \\ -1.61539092837 & 0.558232005133 & -0.159613435564 & 1.35165685556 \\ -0.16425534864 & 1.27150836747 & 0.245690624229 & -0.595841236292 \end{pmatrix}$$

Pour exécuter une commande sur des matrices, s'il s'agit d'arithmétique de base (+, -, * inverse), on utilise les opérations au clavier. Pour les autres commandes, depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu Matrices (menu sin)

- `eigenvals(A)`

$$\frac{\sqrt{33} + 5}{2}, \frac{-\sqrt{33} + 5}{2}$$

`eigenvects (A)`

$$\begin{bmatrix} \sqrt{33} - 3 & -\sqrt{33} - 3 \\ 6 & 6 \end{bmatrix}$$

renvoient les valeurs propres et vecteurs propres d'une matrice carrée A .

– `P, D:=jordan (A)`

$$\begin{bmatrix} \sqrt{33} - 3 & -\sqrt{33} - 3 \\ 6 & 6 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{33}+5}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{\sqrt{33}+5}{2} \end{bmatrix}$$

calcule la forme normale de Jordan d'une matrice A (à coefficients exacts) et renvoie les matrices P et D telles que $P^{-1}AP = D$, avec D triangulaire supérieure (diagonale si A est diagonalisable)

– `Ak:=matpow (A, k)`

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{66} (\sqrt{33} - 3) \left(\frac{\sqrt{33}+5}{2}\right)^k \sqrt{33} - \frac{1}{66} (-\sqrt{33} - 3) \left(\frac{-\sqrt{33}+5}{2}\right)^k \sqrt{33} & \frac{1}{132} (\sqrt{33} - 3) \left(\frac{\sqrt{33}+5}{2}\right)^k (\sqrt{33} + 11) - \frac{1}{132} (-\sqrt{33} - 3) \left(\frac{-\sqrt{33}+5}{2}\right)^k (\sqrt{33} + 11) \\ \frac{6}{66} \left(\frac{\sqrt{33}+5}{2}\right)^k \sqrt{33} - \frac{6}{66} \left(\frac{-\sqrt{33}+5}{2}\right)^k \sqrt{33} & \frac{6}{132} \left(\frac{\sqrt{33}+5}{2}\right)^k (\sqrt{33} + 11) - \frac{6}{132} \left(\frac{-\sqrt{33}+5}{2}\right)^k (\sqrt{33} + 11) \end{bmatrix}$$

calcule la puissance k -ième d'une matrice A avec k une variable formelle.

– `rref` effectue la réduction sous forme échelonnée d'une matrice A (pivot de Gauss)

– `lu` calcule la décomposition LU d'une matrice A et renvoie une permutation de matrice P et deux matrices L triangulaire inférieure et U triangulaire supérieure telles que $PA = LU$. Le résultat de la commande

`P, L, U:=lu (A)`

$$[0, 1], \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$$

peut être passé en argument à la commande `linsolve (P, L, U, v)`

$$\begin{bmatrix} 0, \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

pour résoudre un système $Ax = b$ de matrice A en résolvant deux systèmes triangulaires (calcul en $O(n^2)$ au lieu de $O(n^3)$).

– `qr` calcule la décomposition QR d'une matrice A et renvoie deux matrices Q orthogonale et R triangulaire supérieure telles que $A = QR$.

– `svd (A)` calcule la factorisation en valeurs singulières d'une matrice A , et renvoie U orthogonale, S vecteur des valeurs singulières, Q orthogonale tels que $A=U*\text{diag}(S)*\text{tran}(Q)$. Le rapport de la plus grande valeur singulière de S sur la plus petite donne le nombre de condition de A relativement à la norme euclidienne, plus ce nombre est grand, plus on perd en précision en résolvant un système $Ax = b$ lorsque b n'est pas connu exactement.

6 Probabilités et statistiques

6.1 Tirages aléatoires

Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu `Probabilites` (menu 9) puis sélectionnez `rand()`

```
0.38078169385
```

(réel selon la loi uniforme dans $[0, 1]$) ou

```
n:=6; randint(n)
```

```
"Done", 6
```

(entier entre 1 et n). De nombreuses autres fonctions aléatoires existent, avec comme préfixe `rand`, suivi par le nom de la loi, par exemple `randbinomial(n, p)` renvoie un entier aléatoire selon la loi binomiale de paramètres n, p . Pour créer un vecteur ou une matrice aléatoire, utiliser la commande `ranv` ou `ranm(docAlglin, Matrice)`, par exemple pour un vecteur de 10 composantes selon la loi normale centrée réduite

```
ranv(10, normald, 0, 1)
```

```
[-2.28261976775, 0.652261860753, -0.690651824321, -0.323190436625, 0.157460267236, -0.324617014178, -0.3
```

6.2 Loïs de probabilités

Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu `Probabilites` (9). Les lois proposées dans le catalogue sont la loi binomiale, la loi normale, la loi exponentielle et la loi uniforme. D'autres lois sont disponibles depuis `Tout : chisquared, geometric, multinomial studentd, fisherd, poisson`.

Pour obtenir la distribution cumulée d'une loi, on saisit le nom de la loi et le suffixe `_cdf` (sélectionner `cdf` dans le catalogue sous-menu `Probabilités` et taper F1). Pour obtenir la distribution cumulée inverse, on saisit le nom de la loi et le suffixe `_icdf` (sélectionner `cdf` dans le catalogue sous-menu `Probabilités` et taper F2).

Exemple : calcul de l'intervalle centré I pour la loi normale de moyenne 5000 et d'écart-type 200 tel que la probabilité d'être en-dehors de I soit de 5% :

```
M:=5000; S:=200; normald_icdf(M, S, 0.025); normald_icdf(M, S, 0.975)
```

```
5000, 200, 4608.00720309, 5391.99279691
```

6.3 Statistiques descriptives 1-d

Ces fonctions agissent sur des listes

```
l:=[9, 11, 6, 13, 17, 10]
```

Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu `Statistiques` (menu log)

- mean (l)

11

: moyenne arithmétique d'une liste

- stddev (l)

$$\frac{\sqrt{105}}{3}$$

: écart-type d'une liste

Utiliser

stddevp (l)

$$\sqrt{14}$$

pour avoir un estimateur non biaisé de l'écart-type d'une population dont l est un échantillon

- median (l)

10.0

, quartile1 (l)

9.0

,
quartile3 (l)

13.0

renvoient respectivement la médiane, le 1er et 3ème quartiles d'une liste

Pour les statistiques 1-d de listes avec effectifs, on remplace l par deux listes de même longueur, la 1ère liste est la liste des valeurs de la série statistique, la 2ème liste est la liste des effectifs. Voir aussi les commandes du menu shift-3 histogram et barplot.

6.4 Statistiques descriptives 2-d, régressions.

Entrez les deux listes de données dans deux variables, par exemple X:=[1, 2, 3, 4, 5] et Y:=[3, 5, 6, 8, 11], ou dans une variable matrice ayant 2 colonnes, depuis le shell avec le menu shift-6 8 matrix(.

Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu Statistiques (touches doc log), pour les régressions, depuis le shell, tapez shift-6.

- correlation (X, Y) calcule la corrélation entre 2 listes de même taille.
- covariance (X, Y) calcule la covariance entre 2 listes de même taille.
- les commandes de suffixe _regression (X, Y) calculent des ajustements par régression au sens des moindres carrés, les commandes de suffixe _regression_plot tracent la courbe représentative de la régression (Ces commandes affichent de

plus le coefficient R^2 qui permet de quantifier la qualité de l'ajustement (plus R^2 est proche de 1, meilleur est l'ajustement). Khicas a des commandes pour faire des régressions linéaires, exponentielles, logarithmiques, puissance, polynomiales et logistique.

- Par exemple `linear_regression(X, Y)` renvoie les coefficients m, p de la droite de régression linéaire $y = mx + p$.
`linear_regression_plot(X, Y)` trace la droite d'ajustement des données contenues dans les listes X, Y de même taille.
- voir aussi les commandes `scatterplot`, `polygonplot` et `polygonscatterplot` pour afficher les données sur un graphique. On peut superposer plusieurs courbes de régression sur le même graphe en les séparant par un ; en ligne de commande.

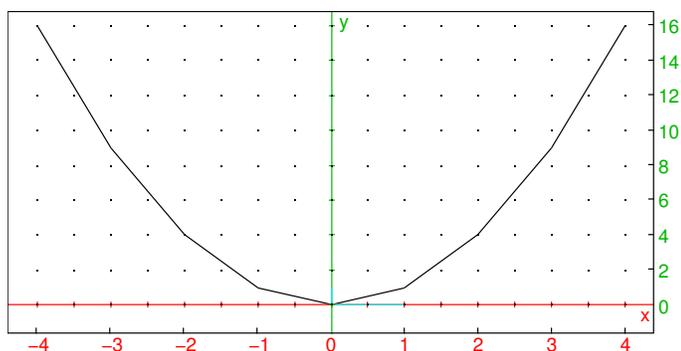
Ainsi pour afficher la droite de régression linéaire correspondant aux données $X = [1, 2, 3, 4, 5]$ et $Y = [3, 5, 6, 8, 11]$, tapez les deux commandes ci-dessus ou éditez une matrice ayant 2 colonnes avec le raccourci `shift-6 8`. Puis `shift-6 enter` (ou `doc log` puis sélectionnez la commande `linear_regression_plot()` complétez la commande par X, Y) ou par le nom de variable de la matrice puis `enter`.

Remarque : si vos données sont dans une matrice m ayant 2 lignes au lieu de 2 colonnes, vous pouvez utiliser m^* pour transposer (en fait cela transconjugue, ce qui est identique pour des données réelles).

7 Courbes et autres représentations graphiques

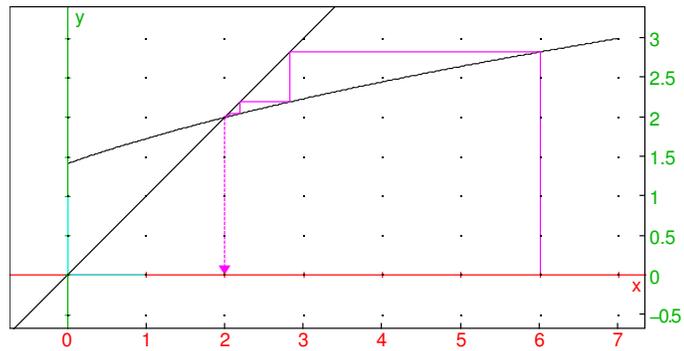
Depuis le catalogue, sélectionner le sous-menu Courbes (accès rapide par `doc 7`, ou `shift-3` depuis le shell).

- `plot(f(x), x=a..b)` trace le graphe de $f(x)$ pour $x \in [a, b]$. On peut spécifier un pas de discrétisation avec `xstep=`, par exemple `plot(x^2, x=-4..4, xstep=1)`

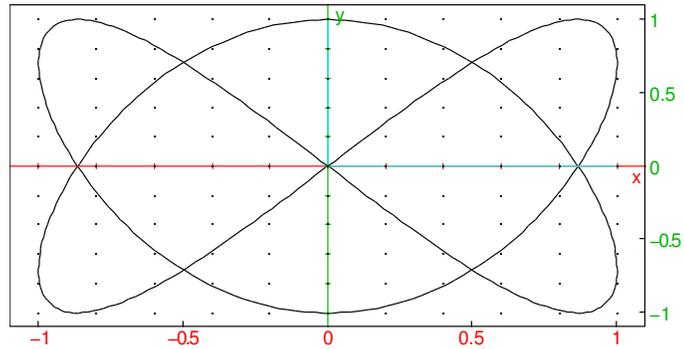


- `LineTan(f(x), x, x0)` trace la tangente au graphe de $f(x)$ en $x = x_0$.
- `plotarea(f(x), x=a..b, n, methode)` trace le graphe de $f(x)$ pour $x \in [a, b]$, et noircit une portion du plan qui approche l'aire sous la courbe, on peut préciser une méthode d'intégration avec n subdivisions parmi `rectangle_droit`, `rectangle_gauche`, `trapezes`, `simpson` (aller dans `doc`, Options puis taper le début du nom de la méthode pour la saisir plus rapidement)

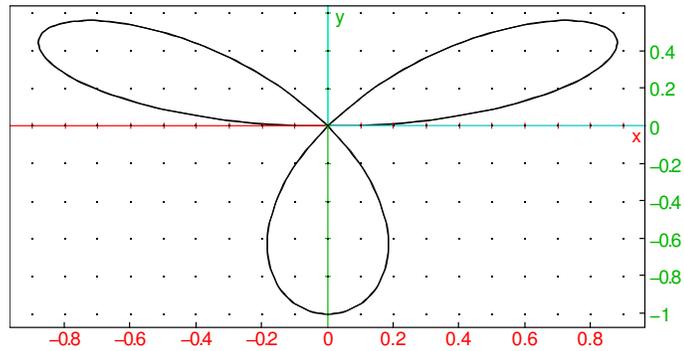
- `plotseq(f(x), x=[u0, a, b])` graphe “en toile d’araignée” de la suite récurrente $u_{n+1} = f(u_n)$ de premier terme u_0 donné. Par exemple si $u_{n+1} = \sqrt{2 + u_n}$, $u_0 = 6$ avec une représentation sur $[0, 7]$
`plotseq(sqrt(2+x), x=[6, 0, 7])`



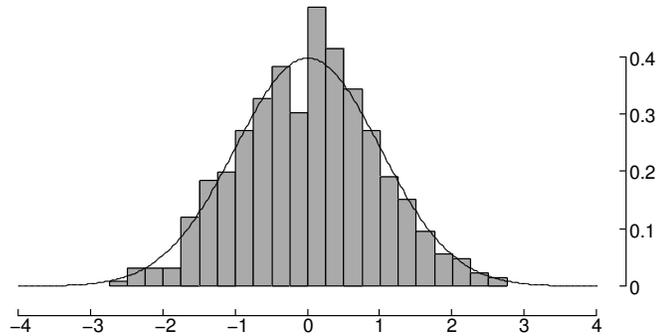
- `plotparam([x(t), y(t)], t=tm..tM)` courbe en paramétriques $(x(t), y(t))$ pour $t \in [t_m, t_M]$. On peut spécifier un pas de discrétisation avec `tstep=` par exemple
`plotparam([sin(2t), cos(3t)], t, 0, 2*pi)`



- `plotpolar(r(theta), theta=a..b)` courbe en polaires $r(\theta)$ pour $\theta \in [a, b]$, par exemple
`plotpolar(sin(3*theta), theta, 0, 2*pi)`

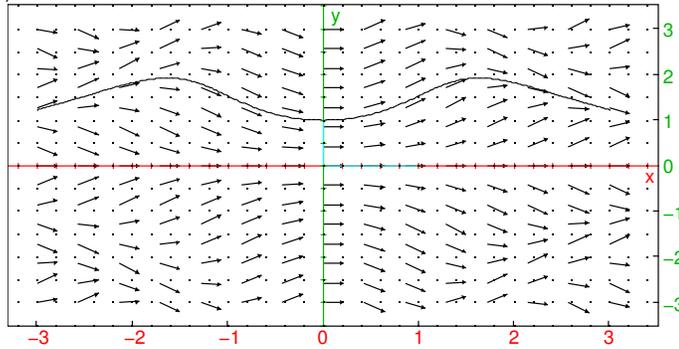


- `plotlist(l)` pour une liste `l`, trace la ligne polygonale reliant les points de coordonnées (i, l_i) (indice i commençant à 0).
- `plotlist([X1, Y1], [X2, Y2], ...)` trace la ligne polygonale reliant les points de coordonnées (X_i, Y_i)
- `scatterplot(X, Y)`, `polygonscatterplot(X, Y)` pour 2 listes `X`, `Y` de même taille, trace un nuage de points ou une ligne polygonale reliant les points de coordonnées (X_i, Y_i)
- `histogram(l, class_min, class_size)` trace l'histogramme des données de la liste `l` avec comme largeur de classe `class_size` en commençant à `class_min`. Par exemple, on peut tester la qualité du générateur aléatoire avec `l:=ranv(500, normald, 0, 1); histogram(l, -4, 0.25); plot(normald(x), x, -4, 4)`



- `plotcontour(f(x, y), [x=xmin..xmax, y=ymin..ymax], [l0, l1, ...])` trace les courbes de niveaux $f(x, y) = l_0, f(x, y) = l_1, \dots$
- `plotdensity(f(x, y), [x=xmin..xmax, y=ymin..ymax])` représentation par niveaux de couleurs de la fonction de 2 variables `x` et `y` dans le rectangle spécifié (par défaut entre -4 et 4).
- `plotfield(f(t, y), [t=tmin..tmax, y=ymin..ymax])` trace le champ des tangentes à l'équation différentielle $y' = f(t, y)$. On peut ajouter en dernier paramètre optionnel `, plotode=[t0, y0]` pour tracer simultanément la solution passant par la condition initiale $y(t_0) = y_0$. Exemple $y' = \sin(ty)$ sur l'intervalle $[-3, 3]$ en temps et $[-2, 2]$ en `y`

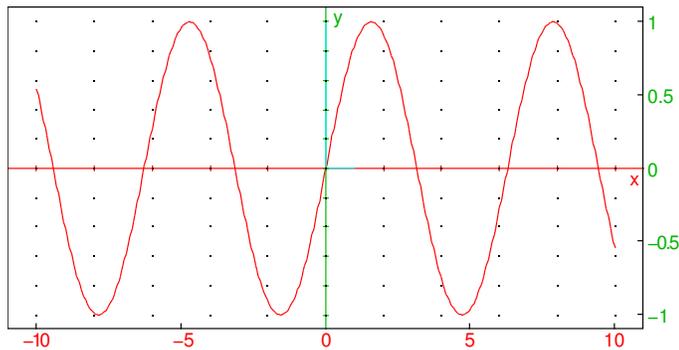
```
plotfield(sin(t*y), [t=-3..3, y=-3..3], plotode=
[0,1])
```



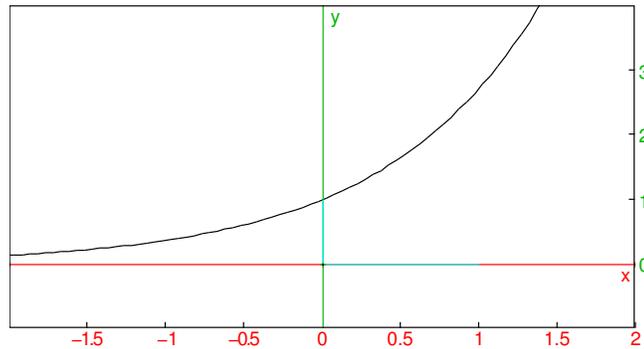
On peut aussi utiliser la commande `plotode` en-dehors d'une commande `plotfield`.
On peut tracer simultanément plusieurs graphiques, il suffit de séparer les commandes de tracé par ;

Le menu Options (menu `,`) vous permet de spécifier certaines options graphiques :

- pour les couleurs, on utilise `display=couleur`, par exemple
`plot(sin(x), display=red)`



- Pour changer l'épaisseur des segments (y compris les lignes polygonales utilisées pour tracer une courbe), utiliser `display=line_width_2` à `display=line_width_8`. Pour changer à la fois la couleur et l'épaisseur, additionnez les attributs, par exemple : `display=red+line_width_2`
- Les cercles ainsi que les rectangles dont les bords sont parallèles aux axes peuvent être remplis avec l'attribut `display=filled` (qui peut s'additionner à d'autres attributs).
- Pour remplacer la fenêtre graphique calculée automatiquement par des valeurs prédéfinies, utiliser la touche `OPTN`, sélectionner `gl_x` ou/et `gl_y` et indiquer l'intervalle en x ou en y souhaité, la commande doit précéder une commande de tracé. Par exemple
`gl_x=-2..2;gl_y=-1..4;plot(exp(x))`



- Pour enlever les axes, sélectionner `axes` (`axes=0`). La commande doit précéder une commande de tracé.

8 Géométrie analytique.

Pour le moment, aucune application de géométrie interactive n'a été portée, l'utilisation de commandes de géométrie analytique de Xcas est donc possible en ligne de commandes, avec des noms de commande en anglais pour le moment, par exemple `point`, `segment`, `circle`, `circumcircle`, `incircle`, `line`, `triangle`, `polygon`, `parallel`, `perpendicular`, `bisector`, `perpen_bisector`, `center`, `radius`, `distance`, ...

9 Unités et constantes physiques.

Le menu `menu`, constantes physiques (raccourci menu `pi`) et unités physiques (raccourci `doc sqrt`) affiche

- des commandes de gestion d'unité
 - `mksa` pour convertir vers les unités fondamentales du système international
 - `usimplify` pour simplifier en utilisant une seule unité lorsque c'est possible, ou un produit de deux.
 - `ufactor` pour forcer l'écriture d'une unité en fonction d'une autre
 - => (raccourci touche `sto`) pour convertir entre deux unités compatibles
- une liste non exhaustive d'unités physiques
- une liste de constantes physiques fondamentales.

Exemples :

```
60_(km/h) => _(m/s)
mksa(_hbar_)
usimplify(1_W*1_s)
ufactor(1_W,1_J)
```

10 L'éditeur d'expressions

Lorsqu'un calcul renvoie une expression, elle est affichée en plein écran dans l'éditeur d'expression 2d. Depuis l'historique des calculs, si le niveau sélectionné est une expression, l'appui sur shift-5 (2d) affiche l'expression dans l'éditeur 2d. En ligne de commande, l'appui sur shift-5 ouvre aussi l'éditeur 2d, soit avec 0 si la ligne de commande était vide, ou avec le contenu de la ligne de commande si celle-ci est syntaxiquement correcte.

Lorsque l'éditeur 2d est ouvert, l'expression est affichée en plein écran et une partie de l'expression est sélectionnée. On peut alors agir sur la sélection en exécutant des commandes saisies via les menus ou le clavier, on peut aussi éditer la sélection (en mode de saisie 1d). Ceci permet de retravailler des sous-expressions ou d'éditer une expression en écriture naturelle.

Vous pouvez annuler la dernière modification effectuée en tapant sur shift-3 (undo).

Taper sur la touche enter pour quitter l'éditeur 2d et copier l'expression en ligne de commande, taper esc pour quitter sans recopier l'expression.

Exemple 1 : nous allons saisir

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x)}{x}$$

Depuis une ligne de commande vide, taper shift-5 (2d), vous devez voir 0 sélectionné. Tapez sur la touche x et enter, maintenant c'est x qui est en surbrillance. Tapez sur la touche trig (trig renvoie sin, shift trig cos et ctrl trig tan), c'est $\sin(x)$ qui est en surbrillance. Tapez sur la touche de division (au-dessus de -), vous devez voir $\frac{\sin(x)}{0}$ avec 0 en surbrillance, tapez x puis enter, vous devez voir $\frac{\sin(x)}{x}$ avec x au dénominateur en surbrillance. Tapez sur le curseur flèche vers le haut pour mettre $\frac{\sin(x)}{x}$ en surbrillance, puis shift-2 4 (pour limit). L'expression est correcte, vous pouvez taper enter pour la recopier en ligne de commande et enter à nouveau pour exécuter le calcul. Si on avait voulu une limite en $+\infty$, il aurait fallu déplacer la sélection avec curseur vers la droite, puis faire shift-1 7 (oo) enter.

Exemple 2 : nous allons saisir

$$\int_0^{+\infty} \frac{1}{x^4 + 1} dx$$

Depuis une ligne de commande vide, taper shift-5 (2d), puis shift-2 3 (integrate), vous devez voir

$$\int_0^1 0 dx$$

avec x sélectionné. Il faut donc changer le 1 de la borne supérieure et le 0 à intégrer. Pour modifier le 0, curseur vers la gauche pour le sélectionner puis 1 / (x^4+1) enter, puis curseur vers la gauche shift-1 7 enter. Taper sur enter pour recopier vers la ligne de commande puis enter pour effectuer le calcul, le résultat s'affiche dans l'éditeur 2d, enter quitte l'éditeur avec dans l'historique l'intégrale et sa valeur (en syntaxe algébrique 1d).

Exemple 3 : nous allons calculer et simplifier

$$\int \frac{1}{x^4 + 1} dx$$

Depuis une ligne de commande vide, taper shift-5 (2d), puis shift-2 3 (integrate), vous devez voir

$$\int_0^1 0 dx$$

Déplacez le curseur sur le 0 de la borne inférieure de l'intégrale et tapez sur la touche DEL, vous devez voir

$$\int 0 dx$$

avec le tout sélectionné. Utilisez le curseur vers le bas pour sélectionner 0 et tapez $1/(x^4+1)$ enter puis enter pour recopier en ligne de commande puis enter pour exécuter le calcul, le résultat s'affiche maintenant dans l'éditeur 2d.

On peut alors sélectionner avec les touches du curseur par exemple l'argument d'un des arctangentes et exécuter shift-1 enter (simplify) pour effectuer une simplification partielle du résultat, puis recommencer avec l'autre arctangente.

On peut simplifier encore plus, en rassemblant les logarithmes. Pour cela il faut d'abord échanger deux des arguments de la somme. Sélectionnez un des logarithmes avec des déplacements du curseur, puis tapez shift-curseur droit ou gauche, cela échange l'argument sélectionné avec son frère de droite ou de gauche. Tapez ensuite ctrl curseur vers la droite ou vers la gauche, ceci augmente la sélection en ajoutant le frère de droite ou de gauche. Une fois les deux logarithmes sélectionnés, taper shift-1 2 enter (factor), puis descendez la sélection sur la somme ou différence de logarithmes, allez dans le menu menu puis enter (Tout), tapez les lettres l, n, c ce qui déplace à la première commande commençant par lnc, sélectionnez lncollect, validez et tapez enfin sur enter (eval).

11 Sessions de calculs

11.1 Edition de l'historique.

En utilisant la touche curseur vers le haut/bas, on se déplace dans l'historique des calculs, le niveau courant est en surbrillance.

Pour modifier l'ordre des niveaux dans l'historique des calculs, tapez ctrl curseur vers le haut ou vers le bas. Pour effacer un niveau, appuyez sur la touche DEL (le niveau est recopié dans le presse-papiers).

Pour modifier un niveau existant, on tape sur shift-5 ou sur shift-4. Dans le premier cas, c'est l'éditeur 2d qui est appelé si le niveau est une expression, dans le deuxième cas, c'est l'éditeur texte qui est appelé. Taper esc pour annuler les modifications ou enter pour valider. Si les modifications sont validées, les lignes de commande situées en-dessous de la ligne modifiée seront automatiquement calculées, tenant compte des modifications, par exemple si vous modifiez un niveau comme $A := 1$, les lignes situées en-dessous dépendant de A seront actualisées.

Ce processus peut être automatisé en utilisant un curseur, que l'on peut créer avec un assistant, depuis le menu `doc`, `Parameter`. Une fois créé, vous pouvez modifier un curseur en tapant sur les touches `+` ou `-` lorsque le niveau contenant la commande `assume` ou `parameter` est sélectionné (tapez `*` ou `/` pour une modification plus rapide).

11.2 Variables

En appuyant sur la touche `var` vous affichez la liste des variables qui ont une valeur, ainsi que des commandes de gestion de variables. Déplacez le curseur vers une variable puis enter pour la recopier en ligne de commande, `DEL` copie en ligne de commande la commande d'effacement de la variable (confirmez ensuite avec enter). La commande `restart` permet d'effacer toutes les variables. La commande `assume` permet de faire une hypothèse sur une variable, par exemple `assume(x>5)` (pour saisir `>`, taper `ctrl +`)

11.3 Sauvegarde et compatibilité

Vous pouvez sauvegarder une session en tapant sur `ctrl save` ou `doc 2`. Vous pouvez ouvrir une session en tapant sur `shift save` ou `doc 4`. Les sessions sont sauvegardées avec un nom de fichier terminant par `.xw.tns`. Vous pouvez les ouvrir sur votre ordinateur avec Xcas ou Xcas pour Firefox. Réciproquement, `doc Fich`, `Exporter` comme permet de sauvegarder une session dans ce format, ou dans un autre format pour utiliser votre session sur une calculatrice χ CAS-compatible. Dans Xcas pour Firefox, il faut sélectionner dans les paramètres Nspire CX comme calculatrice puis exporter.

N.B. : vous pouvez sauvegarder le contenu de l'éditeur de script indépendamment de la session, les scripts ont un nom de fichier terminant par `.py.tns`. Il suffit de renommer le script en enlevant le `.tns` pour utiliser ce script avec n'importe quel interpréteur compatible Python, par exemple une calculatrice d'un autre constructeur proposant un interpréteur MicroPython. Réciproquement, vous pouvez importer un script Python en faisant une copie du fichier en ajoutant `.tns` au nom de fichier et en le transférant sur le TI Nspire CX. Vous pouvez alors l'ouvrir dans l'éditeur de script.

12 Programmation

L'environnement de programmation de χ cas est assez complet : un éditeur, l'interpréteur de Xcas avec toutes ses commandes (compatibilité partielle avec les modules Python `math`, `cmath`, `random`, `turtle`, `numpy`, `scipy`, `giacpy`, `matplotlib` et un sur-ensemble du module `kandinsky`), avec un outil de mise au point permettant l'exécution en pas à pas. Ce même environnement peut utiliser l'interpréteur MicroPython au lieu de Xcas (cf. section 13).

Vous pouvez programmer en utilisant les structures de commande en français de Xcas ou en utilisant la compatibilité de syntaxe Python. Les programmes très courts (en une ligne) peuvent être saisis directement en ligne de commande. Les programmes

plus longs ou que l'on souhaite sauvegarder seront saisis dans l'éditeur de programmes sur la calculatrice, ou bien transférés depuis un PC ou une autre calculatrice.

Des programmes sont installés dans le répertoire Xcas. Vous pouvez les visualiser depuis le shell en tapant `doc 4` (Charger), et les exécuter depuis le shell en tapant `ctrl r`.

12.1 Prise en main (programmation)

Un premier exemple en ligne de commande :

une fonction définie par une expression algébrique. On saisit `nom_fonction(parametres) := expression`. Par exemple, pour définir le périmètre d'un cercle de rayon r , on peut taper

```
peri(r) := 2*pi*r
```

$$r \mapsto 2\pi r$$

(pour taper `:`, faire `ctrl puis ,`) puis on peut calculer `peri(1)`

$$2\pi$$

Autre exemple, pour calculer l'intervalle de confiance de seconde connaissant une fréquence p et un effectif n , on tape

```
F(P,N) := [P-1/sqrt(N), P+1/sqrt(N)]
```

$$(P, N) \mapsto \left[P - \frac{1}{\sqrt{N}} \quad P + \frac{1}{\sqrt{N}} \right]$$

puis on teste `F(0.4, 30)`

$$[0.217425814165, 0.582574185835]$$

Autre exemple : avec la tortue de Xcas

La tortue de Xcas est un petit robot qui se déplace selon des ordres qui lui sont donnés en laissant une trace de son passage. Les commandes de la tortue sont accessibles depuis le dernier item du menu `menu`, par le raccourci `doc x2`. Saisir la commande `avance` dans ce menu puis valider, vous devez voir la tortue (symbolisée par un triangle) avancer de 10 pixels. Taper `esc` pour revenir en ligne de commande. Saisir la commande `tourne_gauche` et valider, la tortue a tourné de 90 degrés. Répéter 3 fois ces deux commandes pour afficher un carré.

Pour effacer le dessin et ramener la tortue à l'origine, saisir la commande `efface`. Pour faire des dessins tortue, il est conseillé d'utiliser l'éditeur de programmes (cf. ci-dessous).

Autre exemple : une boucle "onliner" en syntaxe Xcas.

Ouvrez le menu Programmes (menu `cos`), puis sélectionnez l'exemple de `pour` (curseur sur `pour` puis `Ans`)

```
pour j de 1 jusque 10 faire print(j, j^2); fpour;
```

0

tapez sur enter, vous devez voir les carrés des entiers de 1 à 10.

Exercice : faire faire un carré à la tortue en utilisant une boucle.

Utilisation de l'éditeur

Modifions cet exemple pour faire afficher les carrés de 1 à n en utilisant la syntaxe compatible Python et l'éditeur de programmes. Tapez sur `esc` pour passer du shell à l'éditeur de programmes. Si on vous demande programme ou Tortue faites enter. Ceci ouvre l'éditeur avec une maquette de fonction `def f(x) :` Vérifiez que la syntaxe Python est activée (menu `doc`), sinon activez-la (8). Remplacez `x` par `n`, puis déplacez le curseur en fin de ligne et passez à la ligne (touche à la droite de la touche `U`). Tapez `Shift-2` puis enter (`for`), placez un `j` entre `for` et `in range(` puis un `n` entre les parenthèses de `range()`. À la ligne suivante, tapez `shift-3 7` (`print`) et validez (enter), puis tapez `j, j^2`. Vous devriez avoir le texte source suivant :

```
def f(n) :  
    for j in range(1,n+1):  
        print(j, j^2)  
    return x
```

Remplacez `x` par `n` dans `return` (ou effacez la ligne). N.B. : pour la puissance, on peut utiliser `^` ou `**` dans `ChiCAS` (il faut utiliser `**` en Python).

Maintenant, tapez enter. Si tout va bien, vous devez voir `Success` dans la ligne d'état. Sinon, le numéro de ligne de la première erreur est indiqué ainsi que le mot qui a provoqué l'erreur. Le curseur est positionné sur la ligne où l'erreur a été détectée (il peut arriver que l'erreur soit située avant mais détectée un peu plus loin seulement). Si vous utilisez la syntaxe en Python, notez que les structures de programmation sont traduites en langage `Xcas`, les erreurs affichées le sont par rapport à cette traduction (donc des mots-clés de fin de structure comme `end` peuvent avoir été ajoutées).

Si le programme est syntaxiquement correct, vous pouvez le sauvegarder depuis le menu `doc`. Pour l'exécuter, revenez à la ligne de commande en tapant la touche `esc`, tapez par exemple `f(10)`, vous devriez voir s'afficher les carrés de 1 à 10.

Attention dans l'éditeur de programmes, l'appui sur la touche `enter` interprète le contenu de l'éditeur. Pour passer à la ligne suivante, il faut taper sur la touche de validation (à droite de la touche `u`).

3ième exemple : Calcul de l'intervalle de confiance de terminale

En syntaxe `Xcas`. On peut le saisir en ligne de commande

```
F(P, N) := [P-1.96*sqrt(P*(1-P)/N), P+1.96*sqrt  
(P*(1-P)/N)]
```

$$(P, N) \mapsto \left[P - 1.96\sqrt{P\frac{1-P}{N}} \quad P + 1.96\sqrt{P\frac{1-P}{N}} \right]$$

On peut éviter les calculs redondants en utilisant une variable locale (utiliser `doc Programmes` pour saisir `fonction`, `local`, `return` et `ffonction`)

```

fonction F(P,N)
    local D;
    D:=1.96*sqrt(P*(1-P)/N);
    return [P-D,P+D];
ffonction;

```

Exercice Créez un fichier `carre.py` contenant un script pour afficher un carré avec la tortue. Créez un fichier `carren.py` pour afficher un carré de n pixels, en utilisant une fonction d'argument n et l'instruction `repete`.

Solution Depuis l'éditeur de script, faire `doc 5` (Effacer). Puis `shift-4 efface`. Ajouter 4 fois `avance; tourne_gauche;`. Appuyer sur `enter` pour tester. Sauvegardez (`doc 3 Sauvegarder comme`).

Effacer à nouveau (`doc 5 effacer`) Puis `shift-4 efface`. Ajouter avant la ligne `efface`

```

def f(n):
    for j in range(4):
        avance(n)
        tourne_gauche

```

puis après la ligne `efface;` tapez par exemple `f(40)` puis `enter`. Ensuite faire `doc 3` (Sauvegardez comme).

Un exemple de fonction non algébrique : le calcul du PGCD de 2 entiers.

Utiliser `enter` pour passer à la ligne. En syntaxe Xcas

```

fonction pgcd(a,b)
    tantque b!=0 faire
        a,b:=b,irem(a,b);
    ftantque;
    return a;
ffonction

```

On vérifie `pgcd(12345,3425)`

5

. Le même en syntaxe Python

```

def pgcd(a,b):
    while b!=0:
        a,b=b,a%b
    return a

```

Mise au point

La commande `debug` permet d'exécuter une fonction en mode pas-à-pas, i.e. visualiser l'évolution des variables instruction par instruction, par exemple `debug(pgcd(12345,3425))`

12.2 Quelques exemples

Le répertoire `Xcas` de l'archive contient quelques exemples de programmes (avec fréquemment une représentation graphique) dont :

- fréquence dans un échantillon, intervalle de fluctuations (`freq.xw`)
- le paradoxe du duc de Toscane (`toscane.xw`)
- résolution d'équation du second degré (`deg2.xw`)
- dichotomie (`dicho.xw`)
- méthode des rectangles (`integr.xw`),
- fractale de Mandelbrot (`mandel.py`)
- un benchmark utilisé par `tiplanet` pour mesurer la vitesse de l'interpréteur (`qcc.xw`)

12.3 Commandes utilisables

Contrairement aux adaptations de MicroPython proposées par les constructeurs (dont celui de la TI Nspire), la programmation en (simili-)Python dans KhiCAS n'est pas une application indépendante. Vous pouvez donc utiliser tous les types de Xcas (par exemple les rationnels) et appliquer toutes les commandes de Xcas dans vos programmes. Ceci correspond plus ou moins à un environnement Python avec les modules `math`, `cmath`, `random` (plus complet que le module `urandom` fourni par les constructeurs), `scipy`, `numpy`, un petit module de graphiques pixelisé (`set_pixel(x, y, c)`, `set_pixel()` pour synchroniser l'affichage, `clear()`, `draw_line(x1, y1, x2, y2, c)`, `draw_polygon([[x1, y1], [x2, y2], ...], c)`, `draw_rectangle(x, y, w, h, c)`, `draw_circle(x, y, r, c)`, la couleur+épaisseur+remplissage `c` est un paramètre optionnel, `draw_arc(x, y, rx, ry, t1, t2, c)` permet de tracer un arc d'ellipse). et pour remplacer `matplotlib` on peut utiliser les commande `graphiques` dans un repère de χ CAS (`point`, `line`, `segment`, `circle`, `barplot`, `histogram` et les commandes `plot...`). De plus, vous pouvez travailler avec des expressions et faire du calcul formel dessus. Pour la liste complète des commandes et une présentation détaillée, on renvoie à la documentation de Xcas.

13 Interpréteur MicroPython intégré

χ CAS est maintenant fourni avec son propre interpréteur MicroPython (qui n'est pas identique à celui fourni par Numworks). Pour passer dans χ CAS de l'interpréteur Xcas à MicroPython et réciproquement vous pouvez taper la commande `python` ou `xcas` dans le shell sur une ligne vide. Ces commandes sont accessibles dans le menu rapide `shift`).

Attention, si vous lancez MicroPython après avoir travaillé avec Xcas ou/et avec le tableur, il peut ne pas y avoir assez de mémoire pour le tas MicroPython, dans ce cas vous risquez de perdre votre session de travail, pensez à la sauvegarder. Par défaut, 40K sont réservés pour MicroPython. Vous pouvez modifier cette valeur jusqu'à 64K dans la configuration (touche Home puis touche `ln`). Si vous choisissez une valeur haute, il peut être nécessaire de quitter χ CAS et de le réouvrir pour que le tas puisse être alloué dans une zone mémoire contiguë (problème de fragmentation du tas sinon).

Remarque : lorsque l'interpréteur Xcas est actif, si vous passez en argument à la commande `xcas` ou `python` le nom de variable d'une fonction que vous avez programmée, cela affiche son texte source sous forme d'une chaîne de caractères en syntaxe Xcas ou Python. Vous pouvez donc programmer en syntaxe Xcas et traduire ensuite en Python si vous devez vous conformer à des règles qui imposent ce langage.

13.1 Les modules standard : `math`, `cmath`, `random`

Ce sont les modules natifs fournis par MicroPython (`urandom` a été renommé `random`), et qui sont conforme au standard. D'autres modules MicroPython standard qui ne sont pas destinés à faire des maths sont disponibles. On peut taper `help('modules')` pour voir la liste des modules disponibles. Cf l'aide en ligne de MicroPython.

13.2 Le module `cas`

Il donne accès depuis MicroPython aux commandes natives de Xcas. Il contient une seule commande `caseval`, qui prend en argument soit une chaîne de caractères qui sera évaluée par l'interpréteur de Xcas, soit une chaîne de caractères (contenant le nom de commande à exécuter) puis des arguments de type quelconque (représentant les arguments). Le résultat est une chaîne de caractères. On peut bien sûr appeler `eval` pour transformer la valeur de retour en objet Python. Exemples :

```
caseval("sin", 0)
caseval("sin(0)")
caseval("integrate", "1/x", "x")
caseval("integrate", "1/x", "x", 2, 3)
a=[1, 2, 3]
caseval("a:=", a)
caseval("a")
```

Note : `caseval` possède deux synonymes `xcas` et `eval_expr`.

13.3 Le module `graphic`

Il s'agit d'un module natif MicroPython qui exporte de Xcas des fonctions de tracé pixelisés. Une partie des commandes est accessible depuis le menu rapide `shift .` Ce module a des synonymes, `kandinsky` et `casioplot` afin de faciliter l'utilisation de scripts Python pour calculatrices Numworks (Epsilon) et Casio.

13.4 Le module `matplotl`

Il s'agit d'un module natif MicroPython qui exporte de Xcas des fonctions de tracé repéré et vise à une certaine compatibilité avec le module `matplotlib` (ou un de ses sous-modules) sur PC. Une partie des commandes est accessible depuis le menu rapide `shift 0`.

13.5 Le module arit

C'est un module natif qui exporte de Xcas des fonctions d'arithmétique entière : test de primalité et prochain nombre premier (par Miller-Rabin), factorisation d'entiers pas trop gros (détection par Pollard-rho du plus petit facteur premier, donc jusqu'à environ 9 chiffres), pgcd et identité de Bézout, indicatrice d'Euler (si on sait factoriser). J'y ai aussi inclus deux fonctions de conversion liste vers chaîne de caractères pour faciliter l'enseignement d'un peu de cryptographie.

13.6 Le module linalg

Il permet de manipuler les listes comme des vecteurs et les listes de listes comme des matrices. Contrairement à Xcas, Python n'est pas un langage spécifiquement adapté aux maths, il faut utiliser des commandes préfixées `add`, `sub`, `mul` pour effectuer les opérations arithmétiques de base `+` `-` `*` sur les vecteurs et matrices représentés par des listes.

Le module `linalg` est un module natif, qui utilise Xcas pour effectuer la quasi-totalité des calculs.

13.7 Le module numpy

C'est une surcouche du module `linalg` qui définit une classe `array` pour représenter les vecteurs et les matrices. On peut alors utiliser `+` `-` `*` pour faire les opérations de base sur vecteurs et matrices.

Le module `numpy` n'est pas un module natif, c'est un texte source écrit en Python. Son importation consomme donc de la mémoire RAM. Vous pouvez écrire votre propre version de `numpy.py` et la stocker dans le scriptstore, elle prendra alors la précedence sur la version utilisée par défaut. Cette dernière vise à assurer un minimum de compatibilité avec le module du même nom sur PC. Bien que non natif, ce module est disponible en mode examen (le texte source par défaut est intégré au code source de l'interpréteur MicroPython).

```
import linalg
import math
class array:
    def __init__(self, a):
        self.a = a

    def __add__(self, other):
        return array(linalg.add(self.a , other.a))

    def __sub__(self, other):
        return array(linalg.sub(self.a , other.a))

    def __mul__(self, other):
        if type(self)==array:
            if type(other)==array:
```

```

        return array(linalg.mul(self.a , other.a))
        return array(linalg.mul(self.a,other))
        return array(linalg.mul(self,other.a))

def __rmul__(self, other):
    if type(self)==array:
        if type(other)==array:
            return array(linalg.mul(self.a , other.a))
            return array(linalg.mul(self.a,other))
        return array(linalg.mul(self,other.a))

def __matmul__(self, other):
    return __mul__(self,other)

def __getitem__(self,key):
    r=(self.a)[key]
    if type(r)==list or type(r)==tuple:
        return array(r)
    return r

def __setitem__(self, key, value):
    if (type(value)==array):
        (self.a)[key]=value.a
    else:
        (self.a)[key]=value
    return None

def __len__(self):
    return len(self.a)

def __str__(self):
    return 'array('+str(self.a)+')'

def __repr__(self):
    return 'array('+str(self.a)+')'

def __neg__(self):
    return array(-self.a)

def __pos__(self):
    return self

def __abs__(self):
    return array(linalg.abs(self.a))

def __round__(self):

```

```

        return array(linalg.apply(round, self.a, linalg.matrix))

def __trunc__(self):
    return array(linalg.apply(trunc, self.a, linalg.matrix))

def __floor__(self):
    return array(linalg.apply(floor, self.a, linalg.matrix))

def __ceil__(self):
    return array(linalg.apply(ceil, self.a, linalg.matrix))

def T(self):
    return array(linalg.transpose(self.a))

def real(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.re(x.a))
    return x.real

def imag(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.im(x.a))
    return x.imag

def conj(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.conj(x.a))
    return linalg.conj(x)

def sin(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.sin, x.a, linalg.matrix))
    return math.sin(x)

def cos(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.cos, x.a, linalg.matrix))
    return math.cos(x)

def tan(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.tan, x.a, linalg.matrix))
    return math.tan(x)

def asin(x):
    if type(x)==array:

```

```

        return array(linalg.apply(math.asin,x.a,linalg.matrix))
    return math.asin(x)

def acos(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.acos,x.a,linalg.matrix))
    return math.acos(x)

def atan(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.atan,x.a,linalg.matrix))
    return math.atan(x)

def sinh(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.sinh,x.a,linalg.matrix))
    return math.sinh(x)

def cosh(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.cosh,x.a,linalg.matrix))
    return math.cosh(x)

def tanh(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.tanh,x.a,linalg.matrix))
    return math.tanh(x)

def exp(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.exp,x.a,linalg.matrix))
    return math.exp(x)

def log(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.apply(math.log,x.a,linalg.matrix))
    return math.log(x)

def size(x):
    if type(x)==array:
        return linalg.size(x.a)
    return linalg.size(x)

def shape(x):
    if type(x)==array:
        return linalg.shape(x.a)

```

```

def dot(a,b):
    return a*b

def transpose(a):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.transpose(x.a))

def trn(a):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.conj(linalg.transpose(x.a)))
    return linalg.conj(linalg.transpose(x.a))

def zeros(n,m=0):
    return array(linalg.zeros(n,m))

def ones(n,m=0):
    return array(linalg.ones(n,m))

def eye(n):
    return array(linalg.eye(n))

def det(x):
    if type(x)==array:
        return linalg.det(x.a)
    return linalg.det(x)

def inv(x):
    if type(x)==array:
        return array(linalg.inv(x.a))
    return linalg.inv(x)

def solve(a,b):
    if type(a)==array:
        if type(b)==array:
            return array(linalg.solve(a.a,b.a))
        return array(linalg.solve(a.a,b))
    if type(b)==array:
        return array(linalg.solve(a,b.a))
    return linalg.solve(a,b)

def eig(a):
    if type(a)==array:
        r=linalg.eig(a.a)
        return array(r[0]),array(r[1])
    return linalg.eig(a)

```

```

def linspace(a,b,c):
    return array(linalg.linspace(a,b,c))

def arange(a,b,c=1):
    return array(linalg.arange(a,b,c))

def reshape(a,n,m=0):
    if type(n)==tuple:
        m=n[1]
        n=n[0]
    if type(a)==array:
        return array(linalg.matrix(n,m,a.a))
    return linalg.matrix(n,m,a)

```

14 Applications additionnelles.

Accessibles par le menu `doc 1` ou le raccourci clavier `shift-ANS`. Il y a actuellement le tableau périodique des éléments (d'après Maxime Friess), et quatre exemples d'addin (dont le code source peut servir de modèle aux programmeurs expérimentés souhaitant programmer des addins pour χ CAS) : un tableur formel, la suite de Syracuse (très simple), la fractale de Mandelbrot, un jeu de mastermind (qui peut aussi servir de jeu),

15 Raccourcis claviers.

- la touche de validation à droite de la touche `u` n'a pas toujours la même signification que la touche `enter`, en particulier dans l'éditeur de programmes elle permet de passer à la ligne et dans l'éditeur d'expressions elle évalue la sélection
- la touche `trig` et ses `shift/ctrl` donnent accès aux fonctions `sin`, `cos`, `tan`
- on peut taper `ctrl-*` pour saisir `"` et `shift-*` pour saisir `'`
- le caractère `\` est accessible via `ctrl-/,` `%` par `shift-/,`
- `;` et `:` sont en `shift/ctrl de ,`
- `shift-1` à `shift-6` : selon le mode (Xcas ou Python) voir les légendes
- mode Xcas : `shift-7` matrices, `8` complexes, `9` arithmétique, `0` proba et autres, `.` réels, `(-)` polynômes, `(listes,)` programmation
- mode Python : `shift-7` et `8` matrices, `9` arithmétique, `0` graphes repérés, `.` graphes pixelisés, `(-)` couleurs, `(listes,)` programmation
- changement d'interpréteur : `shift) 8`
- `=>` suivi d'une unité physique effectue une conversion d'unité, `=>` suivi d'une fonction permet d'exécuter des actions :
 - `=>*` écriture sous forme de produit (pour une unité, écriture en utilisant les unités fondamentales du système MKSA),
 - `=>+` écriture sous forme de somme (pour une unité, écriture sous forme le plus

simple possible),
=>/ écriture sous forme de quotient,
=>sin, =>cos, =>tan conversion vers des sinus, cosinus ou tangentes.
=>, permet de chronométrer une évaluation,

- 16=>=> écrit les entiers qui suivent en base 16, 10=>=> en base 10, 8=>=> en base 8
 - ctrl puis p programmation,
 - ctrl puis o donne accès au menu d'options
 - ctrl suivi de R dans le shell permet de ré-exécuter la session actuelle (run)
 - ctrl suivi de S dans le shell permet d'accéder à la configuration (setup)
 - ctrl suivi de Z permet en général d'annuler la dernière modification
- Dans l'éditeur de programmes :
- touches curseur shiftées : déplacement en début/fin de ligne/fichier.
 - ctrl suivi de C permet de débiter une sélection, refaire ctrl puis C pour copier, ctrl puis X ou del pour couper, ctrl puis V pour coller
 - enter : si une recherche/remplacement de mot est active (après avoir fait doc 6), recherche l'occurrence suivante d'un mot. Sinon, passe à la ligne.
 - DEL efface le caractère précédent ou la sélection.
 - ans (shift (-)) : bascule entre l'éditeur et la figure tortue
 - esc : quitte l'éditeur et revient en ligne de commandes. On peut revenir ensuite à l'éditeur en tapant à nouveau esc.

16 Extinction, reset, horloge.

Comme tout logiciel, χ CAS n'est pas exempt de bugs. Si un calcul bloque, commencez par essayer de l'interrompre en appuyant sur la touche ON. Si cela ne suffit pas, il faut se résoudre à appuyer sur le bouton RESET à l'arrière de la calculatrice. Pour pouvoir relancer χ CAS, il faut au préalable réactiver ndless (depuis 2. Mes documents puis dans le répertoire ndless).

Pour remettre à l'heure l'horloge interne de la calculatrice qui est affichée dans le shell, connectez votre calculatrice avec votre ordinateur ou tapez une commande du type hh,mm=>, par exemple 16,05=>, pour 16h05.

Sur les modèles CX uniquement, le rétro-éclairage de la calculatrice s'éteint automatiquement au bout de quelques dizaines de secondes si on ne fait rien, il suffit de taper sur ON pour rallumer. On peut aussi faire ctrl ON pour forcer l'extinction du rétro-éclairage. Attention, il ne s'agit pas d'une vraie extinction de la calculatrice (il n'y a pas assez d'informations disponibles sur le matériel de Texas Instruments pour le faire). Si vous voulez vraiment éteindre la calculatrice, il faut quitter χ CAS en tapant autant de fois que nécessaire la touche doc (entre 2 et 4 fois). Pour éviter une décharge trop rapide de la batterie, sur les nspire CX, χ CAS se quitte de lui-même au bout de 2 heures d'inactivité (en sauvegardant la session courante sous le nom habituel session.xw.tns). La calculatrice se rallume alors brièvement avant de s'éteindre réellement.

En cas d'inactivité prolongée de plusieurs jours, la calculatrice reboote quand on la rallume, il faut alors reactiver ndless avant de pouvoir utiliser χ CAS.

17 Copyright, licences et remerciements

- Giac et χ CAS, noyau de calcul (c) B. Parisse et R. De Graeve, 2019. Les calculs en entiers sont effectués avec GMP, les flottants multipécision avec MPFR, l'arithmétique d'intervalle avec MPFI
- Interface de χ CAS adaptée par B. Parisse à partir de l'interface utilisateur du code source d'Eigenmath créée par Gabriel Maia et de l'interface utilisateur de Xcas.
License d'utilisation de χ CAS : GPL2. (voir le détail des conditions dans le fichier LICENSE.GPL2 ou sur la page GPL2 du site de la Free Software Foundation).
- Remerciements à Fabian Vogt pour firebird-emu, ndless. Remerciements à toute l'équipe de ndless. Remerciement à l'équipe de tiplanet, en particulier Xavier Andréani, Lionel Debroux et Adrien Bertrand, pour le forum de discussion et tout le travail de mise en valeur de χ cas (stockages d'archives, articles, concours).
- le tableau périodique des éléments est un portage de l'application de Maxime Friess avec son autorisation de diffusion sous licence GPL.

18 Développement en C++ avec χ CAS et Ndless

Il faut tout d'abord installer le SDK de ndless, sous linux par la commande
`git clone --recursive https://github.com/ndless-nspire/Ndless.git`
Puis il faut le compiler, ce qui prend une à plusieurs heures selon la puissance de l'ordinateur :

```
cd Ndless/ndless-sdk/toolchain/  
./build_toolchain.sh
```

Ensuite il faut installer le code source de Giac/Xcas.

```
wget https://www-fourier.univ-grenoble-alpes.fr/~parisse/giac/giac_stable.tgz  
tar xvfa giac_stable.tgz  
cd giac-1.6.0/micropython-1.12/nspire
```

ouvrir le fichier `mklib` et ajuster le chemin pour recopier la librairie `libmicropy.a`, puis

```
sh mklib  
cd ../../src  
cp config.h.nspire config.h  
cp Makefile.nspire Makefile
```

ajustez les chemins dans le fichier `Makefile` puis tapez `make`.

À compléter.