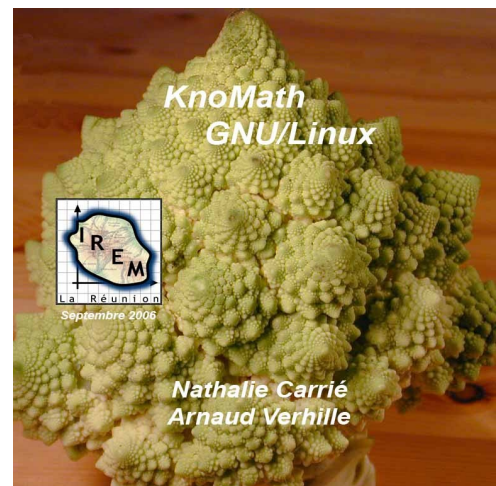


Je suis enseignante en mathématiques au Lycée Antoine Roussin, La Réunion et je compte présenter mes pratiques d'utilisation des logiciels libres en classe, en espérant que ces pratiques serviront à d'autres enseignants.

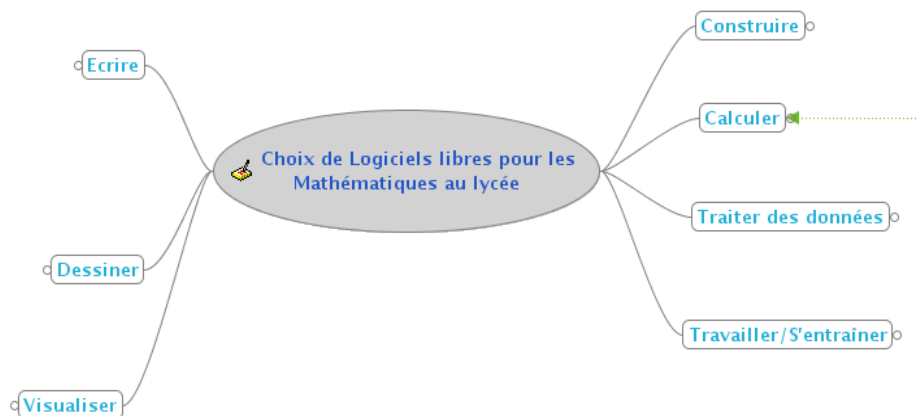
J'ai un réel engagement envers les logiciels libres dans l'Education depuis des années, puisque les logiciels libres dans l'enseignement représentent un moyen pour nos élèves d'accéder à des logiciels gratuits qu'ils apprennent à manipuler au lycée et qu'ils peuvent ensuite avoir chez eux légalement pour continuer à les utiliser. Je me suis récemment beaucoup investie dans le réseau du lycée et ai choisi le système Linux Ubuntu comme étant une excellente alternative libre pour résoudre nos énormes problèmes de virus dans notre établissement scolaire. Je me suis surtout chargée de préparer le parc des machines pour les Travaux Personnels Encadrés et pour les Maths.

Je présenterai mon choix de logiciels libres pour nos machines de Maths qui tournent sous Ubuntu. J'essaierai d'illustrer ce choix par de nombreux exemples concrets d'utilisation en classe. Je souhaite à travers ce document montrer qu'il est possible de se constituer une véritable plateforme d'outils scientifiques qui permettront de disposer en classe d'un éventail de logiciels pour aborder les mathématiques sous tous ses angles : visualisation, observation, conjecture, calcul, traitement. Le tout étant de donner envie à l'élève, après une approche visuelle immédiate, de passer d'un état passif à un état où il devient vraiment acteur de son apprentissage des mathématiques.

Nous avons la chance en mathématiques, et en sciences en général, de disposer grâce à Internet, d'une multitude de logiciels pour faire des sciences.¹ Une première compilation live² de logiciels libres scientifiques, réalisée en 2002 par Arnaud Verhille³, permet d'en tester un certain nombre. Une compilation spécifiquement orientée mathématiques : *La KnoMath*, a été ensuite réalisée dans le cadre d'une recherche IREM⁴. Ces 2 compilations ont été réalisées dans le but d'explorer des logiciels libres scientifiques sans avoir à les installer.



Cet article a été divisé en 7 parties en utilisant des verbes permettant de décrire au mieux les actions essentielles abordées dans une classe de mathématiques de lycée.



1 Voir cet article écrit sur [le Net à l'heure des mathématiques interactives partagées](#)

2 KnoSciences, disponible sur la page <http://www.reunion.iufm.fr/recherche/IREM/Fiches/Knoscience.htm>

3 J'ai contribué à cette compilation pour la partie mathématiques.

4 Institut de Recherche dans l'Enseignement des Mathématiques

1. Ecrire des mathématiques

Pour produire ses documents de mathématiques, l'enseignant a besoin d'un traitement de texte qui permette d'y insérer des équations. Mais il a parfois besoin d'y insérer des diagrammes, des figures de géométrie, des schémas.

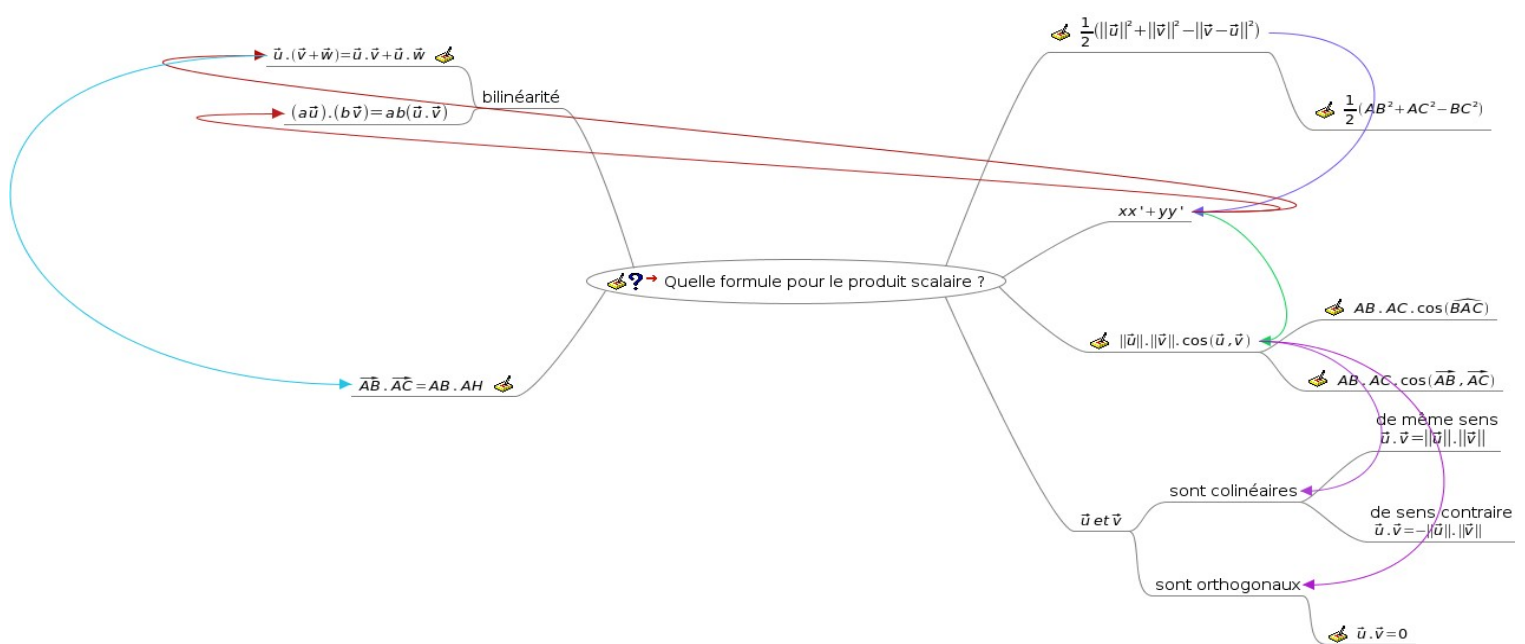
La suite Open Office est l'outil idéal puisque son traitement de texte **Open Office Writer** permet de créer des formules (Menu Insertion, Objet, Formule) : une zone de saisie s'ouvre alors en bas de l'écran et le précieux tutoriel «*Comment écrire des formules avec OpenOffice.org Math*» nous guide pour saisir nos formules.

Exemple : la formule $\vec{u} = \vec{v} + \vec{w}$ sera saisie par le code «*vec u = vec v + vec w*».

Le langage utilisé est presque naturel pour un matheux puisque qu'on retrouve les notations usuelles utilisées dans un logiciel de calcul formel. Ainsi, le nombre 3^2 va s'écrire dans l'éditeur de formule : «*3^2*», le nombre $\sqrt{2}$ s'écrira «*sqrt(2)*», la fraction $\frac{3}{2}$ va être saisie «*3 over 2*», la fonction f définie par $f(x) = \frac{x+1}{3-2x}$ sera saisie «*f(x) = { x + 1 } over { 3 - 2 x }*».

Pour l'insertion de figures simples ou de diagrammes, **Open Office Draw** peut suffire. Sinon, on fera intervenir un logiciel de géométrie (voir la partie [Construire des objets mathématiques](#)).

L'utilisation du logiciel **freemind** apporte à l'enseignant un outil de présentation fabuleux pour illustrer ses cours. L'utilisation conjointe de Open Office et de freemind permet de créer des cartes mentales⁵ de mathématiques, en attendant que freemind permette l'écriture de formules mathématiques.



⁵ J'introduis le concept de cartes mentales sur la page <http://nathalierun.net/PenseeLibre>

2. Dessiner les mathématiques

Les élèves aiment dessiner, aiment tout ce qui est visuel. Ils ont beaucoup de mal avec tout ce qui est abstrait. Alors, ne manquons pas la possibilité d'illustrer tout ce qui peut l'être.

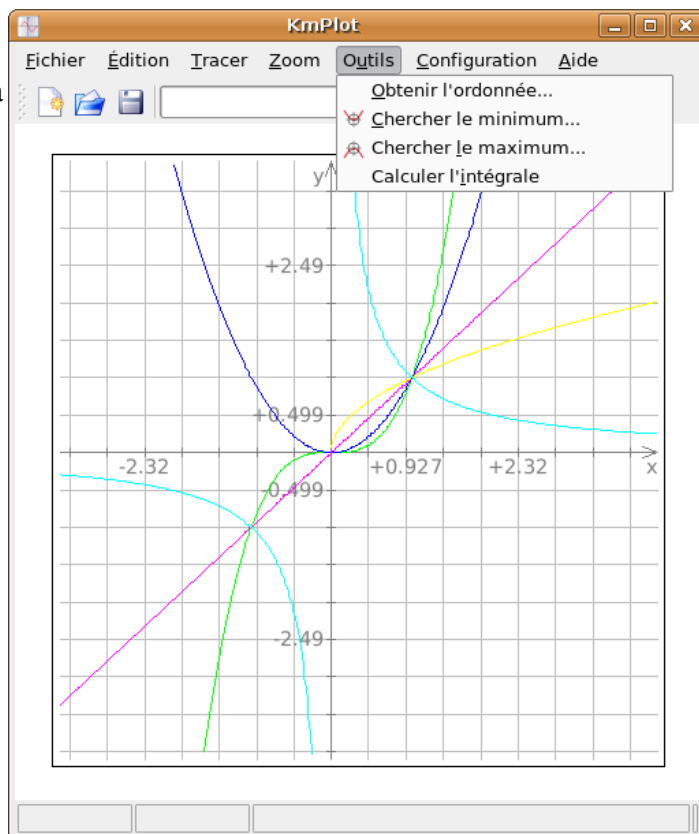
1. Représenter des courbes

Les traceurs libres sont nombreux.

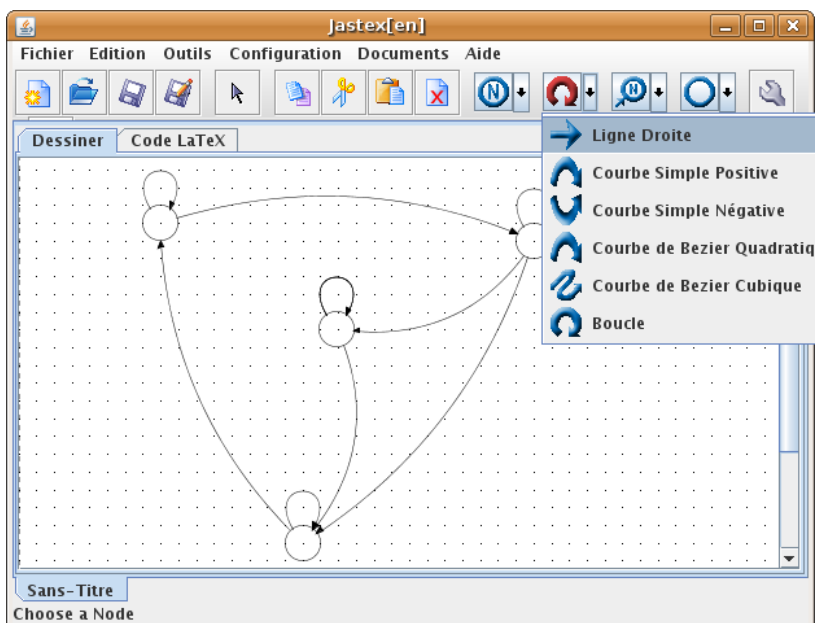
Le meilleur est de loin **gnuplot**, pour sa puissance et son large champ d'applications. Mais il est en ligne de commande, et cela rebute certains.

Pour les élèves, les logiciels **Kmplot** et **Lybniz** sont très simples à utiliser et largement suffisants au lycée.

Les logiciels de géométrie dynamique que nous aborderons dans la partie **Construire des objets mathématiques** font aussi cela très bien.

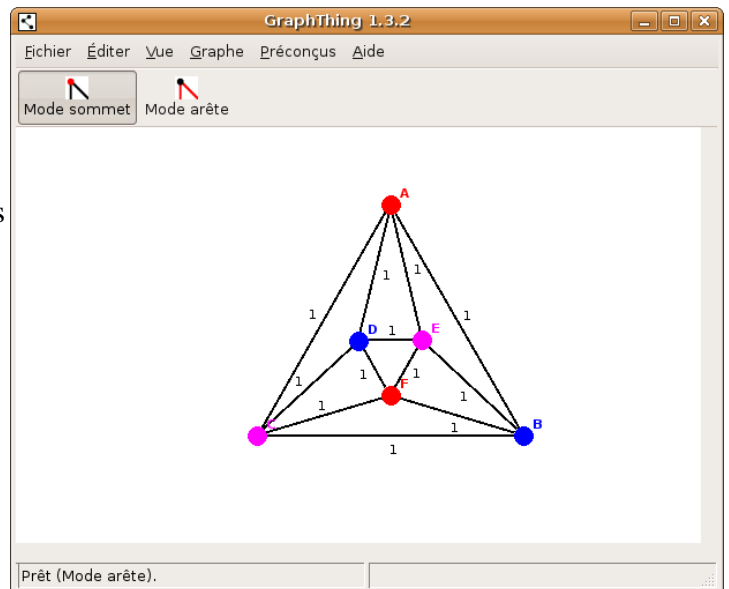


2. Dessiner des graphes



Jastex permet de dessiner des graphes. Il génère de plus du code latex, ce qui permet, pour ceux qui le souhaitent, de créer des dessins très propres.

Pour les élèves, le logiciel **GraphThing** permet d'explorer des graphes préconçus, d'obtenir leur matrice adjacente par exemple, le nombre chromatique associé, ou d'obtenir le plus court chemin d'un point à un autre.

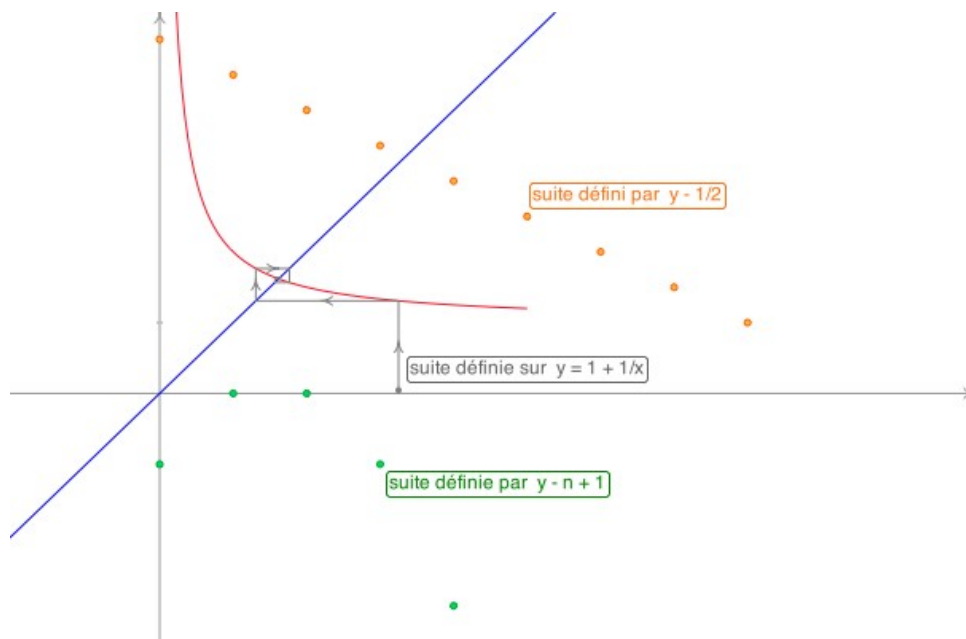


3. Représenter des suites numériques

Edugraphe est utilisé par mes élèves pour construire des suites numériques. Le document de prise en main est très bien fait, c'est pourquoi je l'ai choisi.

Voir le manuel de l'utilisateur :

http://pagesperso-orange.fr/joel.amblard/prg/edu/manuel_fr.html



Ce logiciel est aussi un traceur de courbes. Il permet également de visualiser les solutions d'une équation différentielle du premier ordre.

4. Dessiner des arbres

J'ai beaucoup utilisé le logiciel **freemind** en première L pour construire des arbres qui aident les élèves à résoudre des exercices puisque le programme de première L est orienté vers la

compréhension de l'information chiffrée.

Voici un exemple d'exercice et l'arbre correspondant.

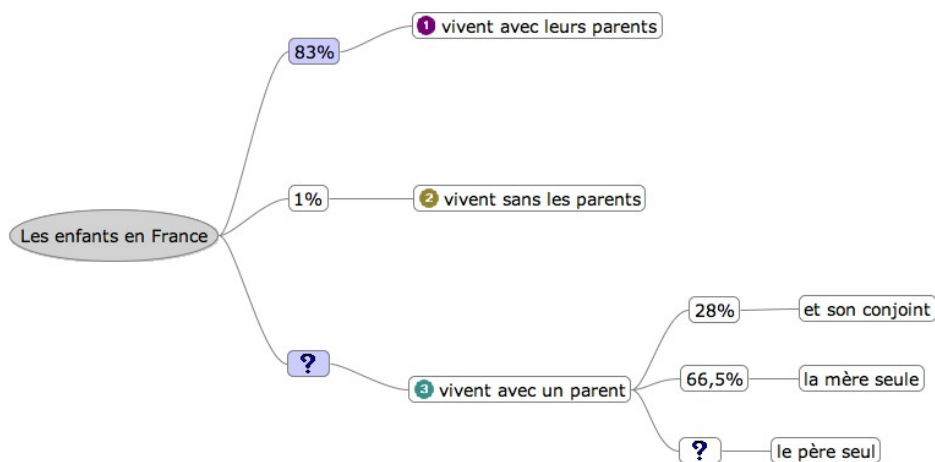
En France, 83% des enfants de moins de 18 ans vivent avec leurs parents et 1% sans parent. Parmi ceux qui restent, 28% vivent avec un parent et un nouveau conjoint et 66,5% vivent avec leur mère seule.

a) Sur 10 000 enfants de moins de 18 ans, combien vivent avec un parent et un nouveau conjoint ?

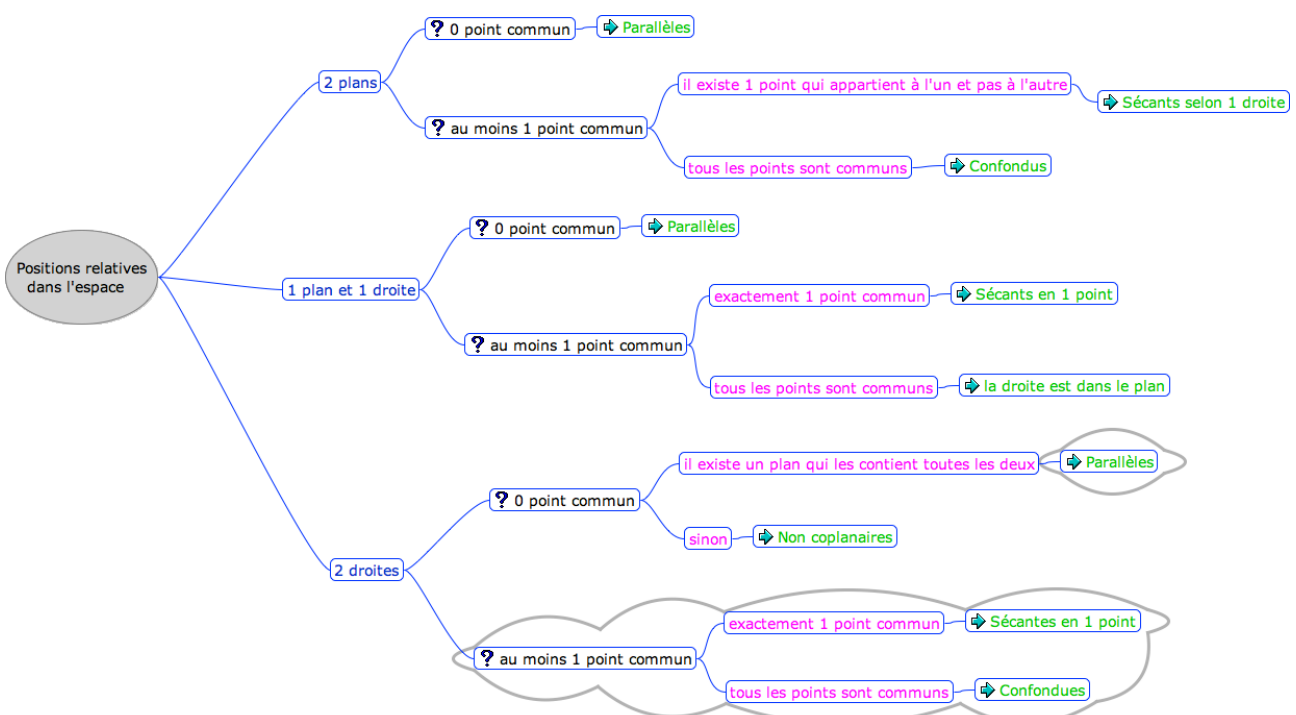
b) Combien vivent avec leur mère seule ?

c) Quel est le pourcentage d'enfants vivant avec un seul parent (sans nouveau conjoint) qui vivent avec leur père seul ?

d) La phrase suivante est-elle vraie : "un enfant sur vingt vit avec son père seul" ? Justifier par un calcul ; préciser l'ensemble de référence.



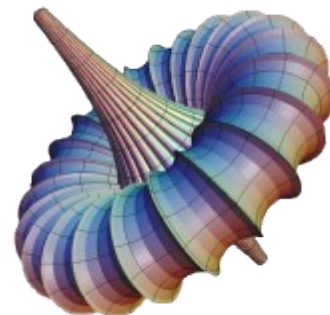
En classe de seconde, l'arbre ci-dessous, toujours réalisé avec freemind, permet de classifier les positions relatives dans l'espace entre 2 plans, un plan et une droite, et deux droites.



3. Visualiser les objets mathématiques

1. Un musée virtuel : 3D-XplorMath

3D-XplorMath est un véritable musée virtuel de mathématiques. Comme dans un vrai musée, les objets de celui-ci sont répartis en galeries d'« Objets Exposés liés » : vous avez la galerie des courbes planes, celle des courbes spatiales, la galerie des surfaces, celle des applications conformes, la galerie des polyèdres, celle des fractales et enfin celle des équations différentielles ordinaires.

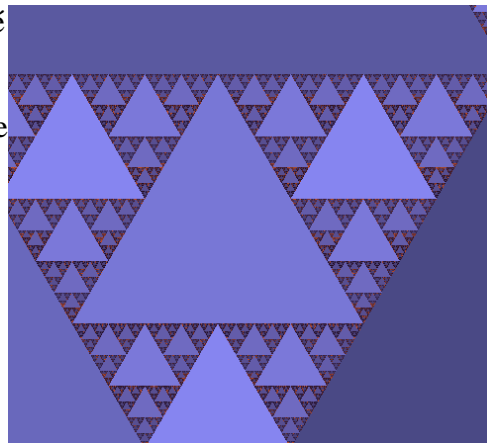


Evidemment, chaque objet représenté est modifiable, ce qui laisse un vaste champ d'exploration...

2. Visualiser les objets fractals

- Algorithmes et fractales : grâce à **Xlogo**, un interpréteur java de la petite tortue si exceptionnelle pour apprendre à construire, des procédures récursives permettent d'obtenir des courbes de plus en plus ciselées. Cette approche permet de travailler un petit langage de programmation malgré tout assez complet.⁶
- **Xaos** permet de plonger dans la beauté du monde des fractales.

Cette fractale de Sierpinski peut être le point de départ d'une activité sur les suites, suites de triangles, calcul d'aires, de périmètres à l'étape n .



La géométrie est évidemment aussi un domaine des mathématiques où visualiser les objets peut aider à comprendre, et pour visualiser ces objets, nous avons besoin de les construire.

⁶ Voir <http://xlogo.tuxfamily.org/fr/html/examples-fr/fractales.html> .

4. Construire des objets mathématiques

C'est le domaine d'excellence des logiciels de géométrie dynamique.⁷

Nos élèves ont la chance de pouvoir faire de la géométrie sur ordinateur au lieu de simplement dessiner une figure statique sur une feuille de papier. La construction d'une figure à l'aide d'un logiciel de géométrie permet de déplacer les objets et de rechercher par exemple les invariants de la figure. La manipulation des objets permet donc de visualiser un grand nombre de situations différentes obtenues à partir de la même construction de base.

Pour faire de la géométrie interactive dans mes classes, j'ai été longtemps utilisatrice du logiciel propriétaire **Cabri Géomètre**, avant que je ne découvre les logiciels libres. Il existe aujourd'hui une multitude de logiciels libres de géométrie dynamique. Voir un comparatif que j'ai établi pour l'IREM de la Réunion en 2004-2005⁸, ainsi qu'un article consacré aux [animations en géométrie pour le cours de maths](#)⁹. Et la liste s'est agrandie depuis...

Avec les élèves, j'en utilise deux : Geogebra et CaRMetal.

➤ **Geogebra**

On peut construire des figures avec Geogebra, mais je l'utilise plutôt comme traceur, car il permet aussi de faire du calcul formel. Ainsi, sur la même fenêtre graphique, les élèves peuvent visualiser les représentations graphiques d'une fonction et de sa dérivée simultanément. Ils peuvent aussi résoudre l'intersection de 2 droites comme un système de 2 équations à 2 inconnues.

Je l'utilise aussi pour visualiser des constructions téléchargées sur le Net, car c'est probablement le logiciel de géométrie actuellement le plus utilisé au lycée en France.

➤ **CaRMetal**

Ce logiciel est en quelque sorte une surcouche graphique de **CaR** (Zirkel) dont l'interface actuelle n'est pas très engageante. L'interface très conviviale de CaRMetal évolue sans cesse. Aujourd'hui, il est probablement le logiciel libre de géométrie dynamique traduit en français le plus avancé, du point de vue du fond et de la forme. Les constructions sont aisées à réaliser et le plus incontestable est sa gestion des macros-constructions : des sous-programmes de construction que l'on peut enregistrer et ensuite appliquer à d'autres objets. Les déplacements des objets sont très fluides, et les objets en cours de construction se visualisent en aspect légèrement transparents.

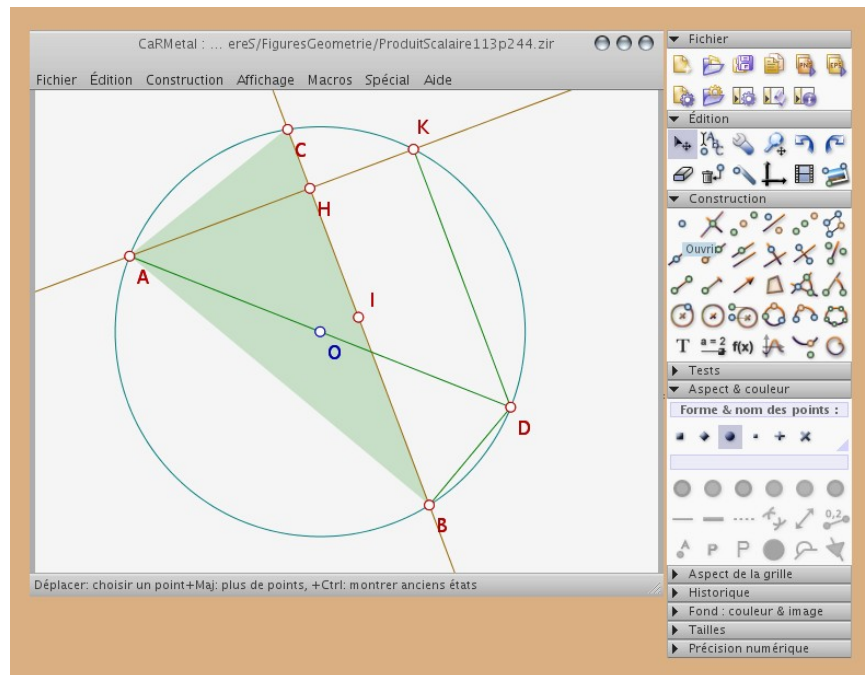
7 <http://revue.sesamath.net/spip.php?article39>

8 <http://www.reunion.iufm.fr/Recherche/IREM/telecharger/IREMLogicielsGeometrie/LesLogicielsDeGeometrieDynamique.html>

9 http://irem.ac-reunion.fr/LogicielsLibresIREM/doku.php?id=articles:geomdyn_animations

En classe de première S, il nous a été très utile. Par exemple, pour comprendre des constructions de barycentres, ou comme aide à la résolution d'exercices sur les angles orientés ou le produit scalaire.

Voici une construction réalisée en classe pour résoudre un exercice sur le produit scalaire :



Et l'énoncé de l'exercice correspondant ¹⁰.

Soit un triangle ABC inscrit dans un cercle G de centre O . On note H le projeté orthogonal de A sur la droite (BC) , la droite (AH) recoupe le cercle G en K . On désigne par D le point diamétralement opposé à A .

1. Démontrer que :

$$\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AK} = \overrightarrow{AC} \cdot \overrightarrow{AK} = \overrightarrow{AH} \cdot \overrightarrow{AK} = \overrightarrow{AH} \cdot \overrightarrow{AD}$$
2. Démontrer que $\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AD} = AB^2$ et que $\overrightarrow{AC} \cdot \overrightarrow{AD} = AC^2$
3. On note I le milieu de $[BC]$. Démontrer que :

$$\overrightarrow{AD} \cdot \overrightarrow{AI} = \frac{1}{2}(AB^2 + AC^2)$$

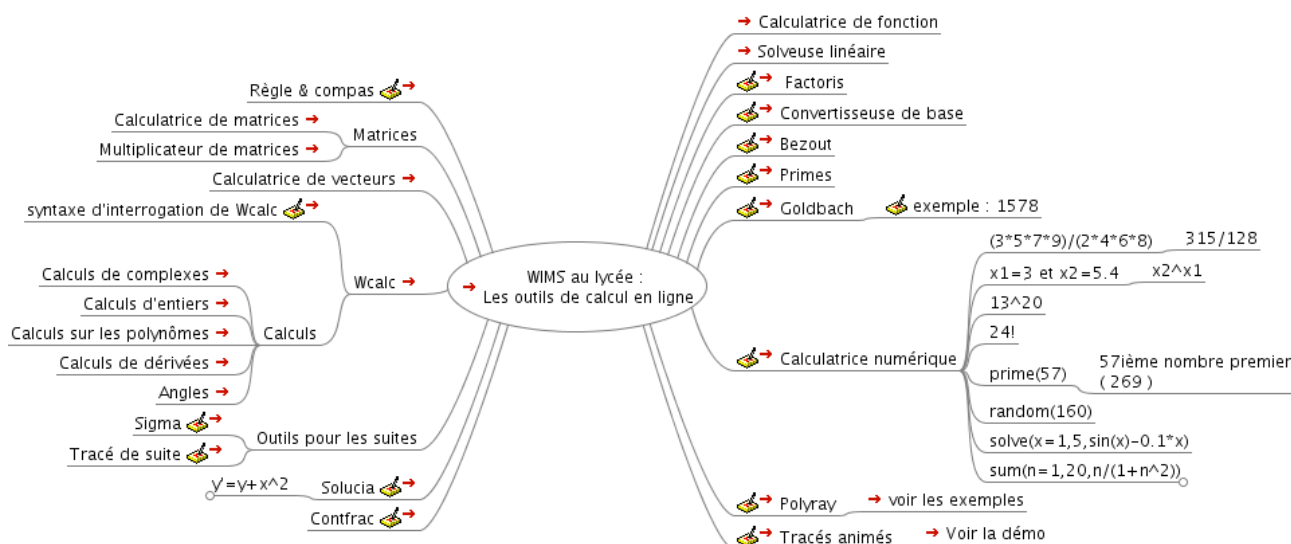
5. Calculer

1. Utiliser un tableur

Open Office Calc et **Gnumeric** ont été les deux tableurs utilisés par mes classes, le second étant plus léger et donc plus rapide à ouvrir que le premier.

2. Utiliser les outils de calcul en ligne de WIMS

WIMS est un serveur de pages Web orienté vers les Mathématiques. Il fournit une multitude d'outils pour calculer, dans quelque domaine des mathématiques que ce soit. En effet, WIMS est une plateforme interfacée avec des logiciels de calcul puissants tels que maxima, pari-gp, gnuplot, octave, etc... L'arbre ci-dessous représente une partie des outils de calcul en ligne actuellement disponibles grâce à WIMS.¹¹



Certains formulaires de WIMS (ses outils rapides) sont utilisables de façon autonome et indépendante du serveur. Il suffit de les intégrer dans une page web. [Cette page](#)¹² d'outils de calcul en ligne d'IcosaWeb (serveur de mathématiques de l'académie de la Réunion) en est une illustration.

3. Utiliser la calculatrice

La calculatrice **gcalctool** est très complète. Il suffit de choisir l'affichage scientifique et tous les calculs de base nécessaires au lycée deviennent accessibles.

Elle a été beaucoup utilisée par les élèves lors de leurs séances d'exercices avec WIMS.

¹¹ Cet arbre est visible en version interactive sur la page web

<http://nathalierun.net/PenseeLibre/CartesFreemind/CartesDiverses/WIMS/>. Déployer la branche Mathématiques au lycée, puis cliquer sur la branche « Les outils de calcul en ligne ».

¹² http://icosaweb.ac-reunion.fr/OutilsCalculEnLigne/FormulairesWIMS/M_Un.htm

Gcalctool a été aussi une bonne alternative pour les jours où les élèves oubliaient leur calculatrice, puisque j'ai eu la chance cette année d'être dans une salle équipée de 11 ordinateurs. Cela nous a permis de pouvoir travailler dans de bonnes conditions et d'avoir toujours accès aux bons outils, au bon moment.



4. Les logiciels de calcul en ligne de commande

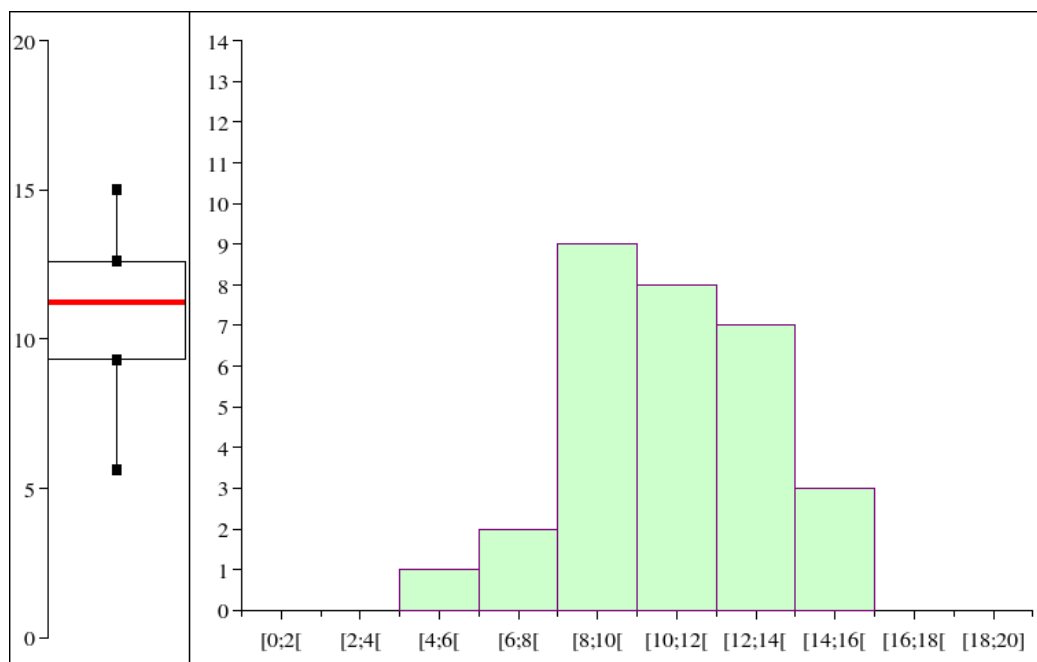
pari-gp, **yacas** et **maxima** sont mes préférés. Ils permettent un accès rapide et efficace au Calcul, quel qu'il soit. Mais je ne les ai pas utilisés avec les élèves.

Voici dans l'encadré ci-contre les premiers exemples donnés par yacas.

```
nathalie@nathUbuntu7:~$ yacas
In> Example();
Current example : 40!;
Simple factorial of a number.
Out> 815915283247897734345611269596115894272000000000
In> Example()
Current example : D(x)Sin(x);
Taking the derivative of a function (the derivative of Sin(x) with
respect to x in this case).
Out> Cos(x)
In> Example()
Current example : Taylor(x,0,5)Sin(x);
Expanding a function into a taylor series.
Out> x-x^3/6+x^5/120
In> Example()
Current example : Integrate(x,a,b)Sin(x);
Integrate a function.
Out> Cos(a)-Cos(b)
In> Example()
Current example : Solve(a+x*y==z,x);
Solve a function for a variable.
Out> {x== -(a-z)/y}
In> Example()
Current example : Limit(x,0)Sin(x)/x;
Take a limit.
Out> 1
```

6. Traiter des données

C'est la partie que je trouve la plus délicate à aborder en classe, probablement car je ne connais pas suffisamment les outils disponibles, comme **ATNT**¹³, **Grace** ([xmgrace](#)), **R** et **gnuplot**. J'ai souvent utilisé le tableur avec les élèves dans le cadre de cette approche, notamment en statistiques pour construire des histogrammes et des boîtes à moustaches (Box-Plot).



Mais je recherchais depuis longtemps un logiciel capable de tracer la meilleure approximation polynomiale possible d'un certains nombres de points expérimentaux. Par exemple, comment déterminer une parabole qui passe au plus près de quatre points¹⁴ ? ou comment trouver un polynôme de degré 3 qui passe par quatre points, sans avoir à résoudre le système linéaire correspondant ? Grace le fait, mais son interface n'est pas évidente à appréhender, de plus il n'est pas encore traduit en français¹⁵. Il semblerait que ATNT apporte une réponse à ce problème, avec une interface agréable.

¹³ [Acquisition et Traitement Numérique](#)

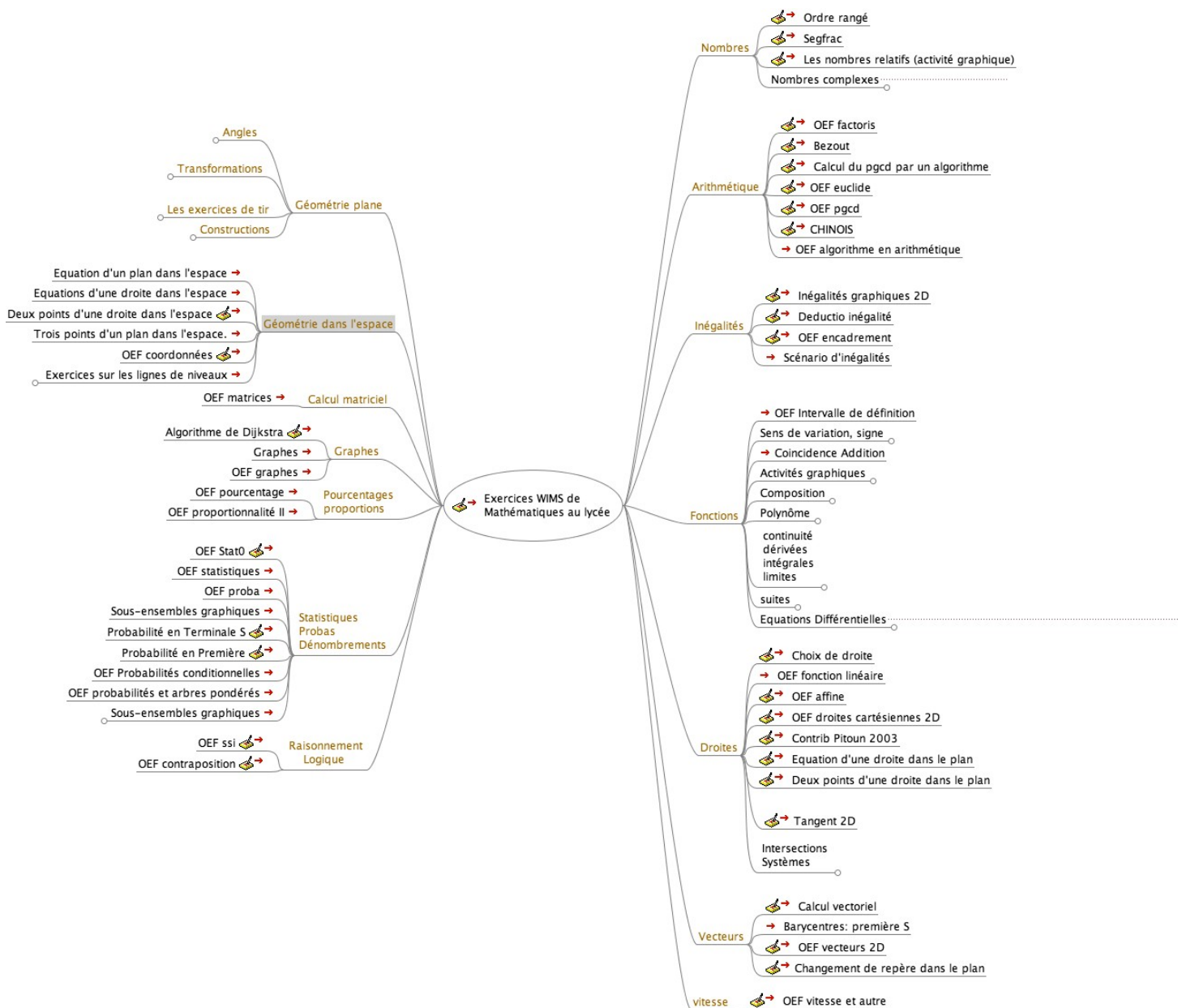
¹⁴ au sens des moindres carrés par exemple

¹⁵ A moi de le faire me direz-vous...

7. Travailler , s'entraîner

WIMS est un serveur interactif d'exercices qui pourrait suffire pour les points 3, 5 et 6 de ce document, tant ses outils de calcul en ligne sont nombreux et puissants (voir la partie **Calculer**).

Il permet à l'enseignant d'avoir des classes virtuelles et aux élèves d'être suivis sur ces classes virtuelles. J'ai réalisé à l'aide de freemind une [carte mentale](#)¹⁶ pour découvrir la puissance de WIMS, et tous les champs d'applications possibles qu'il laisse ouverts. La carte mentale ci-dessous¹⁷ permet de voir l'étendue des domaines que l'on peut aborder en classe avec WIMS.



16 <http://nathalierun.net/PenseeLibre/CartesFreemind/CartesDiverses/WIMS/>

17 Cet arbre est visible en version interactive sur la page web de la note précédente Déployer la branche Mathématiques au lycée, puis cliquer sur la branche « Exercices de mathématiques au lycée ».

8. Conclusion

Cet article est le fruit d'une longue veille technologique, débutée avant même que les logiciels libres pour les mathématiques ne commencent à être très répandus¹⁸. Afin de poursuivre cette veille de façon efficace, je me suis constituée un réseau personnel initial où les 3 systèmes les plus connus y étaient intégrés. Je n'ai plus aujourd'hui qu'un système Linux : Ubuntu car je l'utilise au lycée, et des systèmes MacOSX. J'ai pu ainsi poursuivre ma veille entamée, et constater que l'on peut avancer de façon égale sur la plupart des systèmes d'exploitation utilisés aujourd'hui, en ce qui concerne l'utilisation des logiciels libres. Bon nombre des logiciels libres cités dans cet article sont des logiciels java, donc multi-plateformes, et les autres existent pour la plupart en version binaire pour Windows, ou sont installables sur MacOSx via MacPorts. Ainsi, cet article peut guider l'enseignant de mathématiques qui se pose la question : « Quel logiciel ? dans quel but ? à quel moment ? ».

J'ai toujours rêvé d'avoir un laboratoire de mathématiques, tout comme en physique/chimie, ou en SVT, laboratoire expérimental où les élèves pourraient expérimenter, observer, conjecturer, formaliser. Evidemment, nous manquons malheureusement de temps, tant les programmes officiels de mathématiques au lycée sont chargés en France. Mais cette multitude de logiciels libres à champs d'applications aussi divers nous permet d'avoir cet espace virtuel d'expérimentation, d'observation. A nous de nous en donner le temps et cette année, j'ai quasi systématiquement consacré une heure par semaine dans toutes mes classes pour l'utilisation d'un logiciel pour faire des mathématiques ; l'essentiel de ce temps étant consacré à WIMS.

La carte mentale¹⁹ correspondant à cet article permet de naviguer à travers tous ces logiciels, triés selon les 7 catégories énoncées, éventuellement pour trouver le site père, des tutoriaux ou des exemples.

18 On pourra consulter mon rapport sur l' « Intégration des outils informatiques en Mathématiques », écrit en 1996 téléchargeable sur ce lien : http://icosaweb.ac-reunion.fr/RsrcPeda/General/Lycees/OutilsInf/outil_inf.pdf

19 <http://nathalierun.net/PenseeLibre/CartesFreemind/CartesDiverses/RMLL2008/LogicielsLibresEtMathematiquesAuLycee.html>