

De l'appropriation à la diffusion : le travail d'enseignants dans la conception et la création de ressources d'accompagnement

## 1 Le projet Casyopée 2008-2010

### 1.1 Le logiciel Casyopée

Casyopée est un logiciel pour l'apprentissage des fonctions. Il vise à faciliter les explorations numérique, graphique et formelle de ces objets mathématiques. Il intègre un noyau de calcul formel (Maxima) de façon à donner accès à de nouvelles possibilités d'actions offertes par le calcul symbolique. Un module de géométrie dynamique, intégré dans l'environnement Casyopée, offre la possibilité d'explorer et modéliser fonctionnellement des situations géométriques, liées, par exemple, à des variations d'aires (ou, plus généralement, d'expressions géométriques) en fonction de grandeurs dont elles dépendent.

### 1.2 Les enseignants travaillant dans le groupe

Lors de la présentation des travaux du groupe aux journées de Lyon en juin 2009 nous avons réparti les utilisateurs d'une innovation technologique en trois groupes les 'early, mid et late adopters' (vocabulaire emprunté au marketing). Les early adopters sont considérés comme des experts, les mid adopters des sympathisants, et les late adopters des utilisateurs potentiels. Nous avons repris cette classification pour mieux étudier le fonctionnement du groupe.

Nous préférons maintenant employer un vocabulaire plus convivial en désignant par *animateurs* les early adopters (connaisseurs du logiciel et ayant participé à sa conception), et par *membres du groupe*, à la place de mid adopters, les autres personnes du groupe qui continuent à expérimenter le logiciel et réalisent des documents d'accompagnement en vu de sa diffusion.

### 1.3 La demande académique

L'action envisagée pour une période de deux ans répond à une demande académique :

«*Appropriation par des enseignants d'un logiciel pour l'enseignement de l'algèbre et de l'analyse au lycée. Diffusion du logiciel et des ressources associées notamment dans la perspective de la préparation de l'épreuve pratique au baccalauréat* ».

Pour le groupe, il s'agit en premier lieu d'étendre les expérimentations à plusieurs lycées de l'académie de Rennes de façon à développer le répertoire des situations et à étudier l'appropriation par des **enseignants non concepteurs**. Les moyens que permet l'Internet permettront de diffuser le logiciel et des situations d'utilisation. Les réunions du groupe ont lieu le vendredi après midi dans les locaux de l'IREM de Rennes.

### 1.4 La notion de ressources

Nous considérons deux types de ressources : le logiciel lui-même qui est en développement, et les documents conçus pour accompagner la diffusion du logiciel, produits par les enseignants qui les conçoivent et les testent.

## 2 L'année 2009-2010

Un schéma de travail cohérent avec le projet avait été envisagé par les animateurs: celui de la création et de l'évolution en permanence des ressources, tant le logiciel lui-même que les ressources d'accompagnement (créer une ressource – la tester puis revenir à la ressource). C'est le schéma en cycles de développement-expérimentation qui est adopté par les animateurs-concepteurs depuis la création de Casyopée. Dans le cas

du projet 2008-2010, il devait réellement se mettre en place la seconde année, compte-tenu de la nécessité d'un temps d'adaptation pour les membres du groupe. A cela devait s'ajouter une auto-formation des membres du groupe déjà amorcée la première année.

Ce schéma a dû évoluer pour tenir compte d'une exigence de qualité manifestée par les membres du groupe pour la création de ressources. Les membres du groupe souhaitent que le logiciel progresse pour tenir compte de nécessités didactiques, mais, davantage que les animateurs-concepteurs, sont réticents ou mal à l'aise avec l'usage en classe d'un logiciel non stabilisé. De même, pour eux, une ressource d'accompagnement ne peut exister sans un travail approfondi de conception, d'expérimentation, de réflexion et d'élaboration.

Le groupe a donc fonctionné de la façon suivante :

- une part importante du travail a encore cette année été consacrée aux évolutions du logiciel et à sa fiabilité: remarques et discussion par les membres du groupe, adaptation par les concepteurs. De nombreuses fonctionnalités développées dans ReMath ont dû être reprises et fiabilisées, les expérimentations de fonctionnalités en développement se faisant en priorité dans les classes des animateurs. Ceci a été rendu difficile du fait de l'absence de moyens en développement informatique dans le projet. Le logiciel a cependant incontestablement gagné en fiabilité, mais de nombreux chantiers ouverts lors des discussions dans le groupe restent ouverts. Parmi ceux-ci l'exportation de dépendances entre grandeurs, étape importante dans la modélisation, les aires de surfaces entre courbes en lien avec l'intégrale, la factorisation "radicale" dont le fonctionnement choisi par les concepteurs n'est pas apparu cohérent avec les programmes...
- parallèlement, les membres du groupe ont progressé dans leur appropriation du logiciel. Le rapport entre les fenêtres algébriques et géométriques et les contraintes de la modélisation sont mieux compris. Plusieurs remarques à ce propos:
  1. l'appropriation du logiciel semble inséparable de la discussion sur le logiciel lui-même. Pourquoi est-il conçu comme cela ? Est-ce qu'il ne pourrait pas être conçu autrement ?
  2. le rapport au calcul formel est central dans ces discussions. Il révèle des attentes, mais aussi des incompréhensions. Le caractère non déterministe des algorithmes de calcul formel est difficile à intégrer dans les représentations. Une question souvent posée: je fais la différence de deux fonctions avec des expressions différentes, mais dont je sais par ailleurs qu'elles sont égales. Pourquoi certaines transformations donnent zéro et pas d'autres ?
  3. une référence est souvent faite à d'autres logiciels, geogebra et maxima notamment. Les concepteurs-animateurs prennent ainsi conscience de ce qu'il leur faut élargir l'approche. En recentrant sur les apprentissages relatifs aux fonctions avec les TICE, Casyopée apparaît comme un choix parmi d'autres, qu'il faut intégrer comme une variable dans les situations proposées.
- les membres du groupe ont fourni un travail approfondi sur des thèmes choisis en commun ;
  - étude de signes (seconde) ;
  - modélisation géométrique puis algébrique d'une situation physique : l'âne et le puits (seconde);
  - modélisation de dépendances entre grandeurs géométriques: les jardins (seconde) ;
  - second degré : fonctions cibles (seconde et 1ère) ;
  - une optimisation dans l'esprit de l'épreuve pratique : la gouttière (1ère) ;
  - étude géométrique de courbes: la sous-tangente (TS)
  - aires de surfaces limitées par des courbes : vers la quadrature de la parabole (TS).
- Les expérimentations dans les classes des membres du groupe ont eu lieu à la suite de ce travail. Elles ont été très satisfaisantes, tant du point de vue du fonctionnement du logiciel, que de l'investissement et de la concentration des élèves. On ne peut pas dire qu'il y a une réelle intégration comme chez les animateurs concepteurs, mais plutôt la recherche d'utilisations ponctuelles à forte plus-value didactique.
- Les membres du groupe ont eu comme exigence la création de ressources de qualité qui nécessitait de tirer parti des expérimentations et de donner du temps à la réflexion. De fait la plupart des

ressources d'accompagnement sont finalisées à la fin de l'année seulement.

### 3 L'outil NUXEO : de la mutualisation à la publication

Le travail du groupe s'est appuyé sur un outil de travail collaboratif mis à la disposition du groupe par l'Académie de Rennes, dans le cadre du Partenariat Académique avec l'INRP, gérant les documents, de leur mutualisation à la publication.

#### 3.1 Présentation de NUXEO

Nuxeo est une des briques de l'Espace Numérique de Travail académique en cours de déploiement par les services informatiques du rectorat : c'est un outil de gestion électronique de documents (GED)<sup>1</sup> et de travail collaboratif mis à disposition des enseignants de l'académie.

Il permet la publication et la recherche des ressources pédagogiques ; en effet depuis mai 2010, il est possible de publier des ressources disciplinaires et transversales, accessibles depuis l'espace éducatif du site académique de Rennes.

Il répond aux besoins du travail collaboratif :

- Bénéficier d'un espace de stockage partagé
- Déposer, contribuer, partager les documents
- Travailler à plusieurs sur un même document
- Disposer de forums de discussion
- Notifier par mail à un groupe
- Établir des relations entre les documents
- Archiver et historier les versions via un tableau de bord
- Bénéficier de méthodes de recherches pertinentes.
- Capitaliser le référentiel documentaire commun
- Organiser le processus de publication.

#### 3.2 Organisation de notre plate forme collaborative NUXEO

Ouvert aux membres du groupe ainsi qu'aux Inspecteurs de Mathématiques, nous y avons recensé les travaux 2008-2009. Comme l'illustre la figure 1, l'espace Nuxeo nous a aidé cette année à organiser notre travail en dehors des réunions à l'IREM, en favorisant les échanges et la mutualisation des documents et en prenant en charge les différentes étapes de conception d'un document jusqu'à sa publication.

**Le forum** Sont déposés les premières idées non finalisées et qui correspondent à des utilisations du logiciel par l'un des membres du groupe. On dénombre une vingtaine de documents déposés. Ils sont alors discutés dans le forum. En général ils ont donné lieu à au maximum 4 échanges (par document).

**Les dossiers** Ils servent à organiser le travail en partageant et mutualisant les documents en cours d'élaboration : documents élèves, analyse a priori des séances, compte rendus avec analyse d'expérimentations, des extraits de travaux d'élèves ...

##### Exemples de types de documents

Documents relatifs au mode d'emploi du logiciel :

- Premier contact avec Casyopée en seconde ou Découverte de Casyopée en seconde
- Présentation de la fenêtre de géométrie dynamique en seconde
- ...

Documents avec notions de cours (les élèves « apprennent des mathématiques »).

- Activités fonctions associées en première

---

<sup>1</sup> Une GED a pour objectifs de constituer un référentiel de documents, afin d'être en mesure de gérer leur cycle de vie, de leur création à leur destruction et de favoriser le travail collaboratif : élaborer des documents à plusieurs, mutualiser des documents, gestion de versions (versioning), relations (liens entre les documents), indexation, Processus de validation (workflow), gestion des utilisateurs et des groupes (rôles et permissions).

- Trinôme en première L (option)
- Inéquations et tableaux de signes
- ...

Documents avec situations de recherche, notamment de modélisation.

- Optimisation en première S
- Périmètre et aire d'un triangle variable
- Construction d'un tunnel

**Les mini-sites** Ils permettent la publication des ressources sur le web et sur le site académique de mathématiques. Ils sont gérés par un animateur et un *membre du groupe*, qui en assure la réalisation à partir des documents en partie finalisés et pouvant être diffusés. Leur mise en forme respecte une organisation (imposée en partie par NUXEO). On dénombre actuellement 8 mini-sites (dont certains sont en cours de rédaction) correspondants aux thèmes travaillés cette année.

## 4 Un exemple de publication : Modélisation avec le logiciel Casyopée en Seconde

Ayant pour thème l'étude des dépendances entre grandeurs, elle est d'abord l'aboutissement d'échanges et de mutualisations du groupe sur la plate forme Nuxeo (et lors des réunions), à partir des propositions des uns et des autres. C'est une des premières publications que nous avons pu finaliser. Elle est maintenant publiée sur l'espace Mathématiques du site académique de Rennes. Elle est disponible à l'adresse

:<http://www1.toutatice.fr/nuxeo/site/sites/modelisation/>

### 4.1.1 Les motivations du groupe

Nous situons la ressource dans les réflexions que nous avons depuis de nombreuses années<sup>2</sup> et qui ont contribué au développement du logiciel Casyopée : Pourquoi avoir choisi de se centrer sur les fonctions ? Il apparaît, à la lecture des programmes que le travail sur les fonctions joue un rôle essentiel au lycée. D'abord dans la consolidation de l'algèbre. Une première raison est qu'elles permettent une approche "multi-registres" de l'algèbre, c'est-à-dire dans les registres symboliques, graphiques et numériques. Une seconde raison est qu'elles motivent le calcul algébrique: par exemple la factorisation devient un moyen pour étudier les signes d'une fonction. Les fonctions jouent un rôle également dans la préparation à l'analyse. Une difficulté dans la façon dont les notions d'analyse, comme par exemple la dérivée, sont présentés aux élèves est qu'elles n'apparaissent pas comme réponse à des problèmes.

**Aperçu de la page de présentation**

**Modélisation Avec Le Logiciel Casyopée**  
Modélisation D'une Situation Géométrique En Étudiant Les Dépendances Entre Des Grandeurs.

**Sommaire**  
Modélisation avec le logiciel Casyopée  
Séance 1  
Séance 2

Ces activités ont été testées en classe de Seconde. Elles utilisent le logiciel Casyopée.

**Objectifs**

- Modéliser une situation en étudiant les dépendances (ou covariation) entre des grandeurs
- Créer des fonctions permettant l'étude de ces dépendances en répondant à des questions de nature algébrique (résolution d'équations, recherche d'extremums)
- Donner du sens et de la motivation pour le calcul algébrique qui apparaît au cours de la modélisation lors des synthèses en classe entière.

**Les sujets**

Jardin1 :

Jardin2 :

Le but de chacune des activités est de trouver le(s) position(s) de M pour que les deux aires hachurées soient égales.

**Apport du logiciel Casyopée**

- Il est une aide pour modéliser, créer des fonctions, résoudre des équations, rechercher des extrémums
- Grâce aux outils de calcul formel, il libère les élèves de tâches calculatoires qui souvent les bloquent dans leurs recherches ; de plus, il participe à la compréhension des différentes écritures algébriques
- Par l'utilisation de différents registres (numériques, graphiques, symbolique), l'élève progresse dans sa compréhension des situations.
- Il aide à la structuration d'une démarche de résolution.

**Le scénario**  
Séance 1 : Recherche en salle informatique du problème "Jardin1" avec Casyopée à partir d'une figure déjà construite  
Correction de la recherche en classe entière  
Séance 2 : Recherche du problème de réinvestissement "Jardin2" incluant une construction de figure dans le module de géométrie dynamique.

### Qu'entend-on par modélisation ?

Impliquer les fonctions dans la résolution de problèmes issus de domaines variés implique de les

<sup>2</sup> Lagrange, Meyrier, [Apprendre des mathématiques avec les TICE, le cas des fonctions au lycée, l'apport de Casyopée](#), Journées Interacadémiques de Mathématiques, ENS Cachan novembre 2009

considérer comme des outils de modélisation.

Parmi les co-variations d'objets ou de grandeurs, les élèves doivent apprendre que certaines sont des dépendances et que leur modélisation par des fonctions mathématiques est un puissant outil de résolution de problèmes.

#### **4.1.2 Nos objectifs de publication**

Il s'agit de diffuser le logiciel Casyopée auprès des enseignants de mathématiques (de l'Académie en particulier). Nous avons donc voulu rendre compte de manière concise des attendus de l'activité en dégagant les objectifs pédagogiques et en justifiant l'apport du logiciel afin d'inciter à son utilisation, en proposant un scénario d'utilisation s'appuyant sur les expérimentations et enfin en donnant des éléments sur l'apport pour les élèves en présentant des travaux d'élèves.

### **5 Le site "google-code"**

Parallèlement, il nous a semblé utile d'ouvrir un site pour diffuser les versions successives du logiciel et différentes ressources d'accompagnement directement dirigées vers son usage, ou trouvant mal leur place dans le site Nuxéo dédié à des ressources de qualité pour la classe.

Le lien <http://casyopee.eu> pointe sur ce site.

La version la plus récente de l'installateur, les manuels d'utilisation en Français et en Anglais, ainsi que des pages wiki orientées "utilisation" sont signalés en première page. L'installateur, chacun des manuels et les diapositives d'une présentation faite sur invitation aux journées interacadémiques de Créteil en novembre ont fait l'objet d'environ 150 téléchargements à ce jour.

Au-delà de cette fonction de diffusion, nous utilisons aussi les fonctionnalités "développeurs" ("issues"), notamment pour les améliorations du logiciel. Bien que ces fonctionnalités soient ouvertes elle sont à ce jour utilisées uniquement par les concepteurs.