

# LE RÔLE D'UN INCIDENT DANS LA DOCUMENTATION COMMUNAUTAIRE : (LE) CAS DE LA CONCEPTION DES RESSOURCES « FONCTIONS » POUR LE MANUEL NUMÉRIQUE DE SESAMATH

Hussein SABRA \*

**Résumé** – Nous étudions le développement de la *documentation communautaire* dans un projet de Sésamath dédié à la conception d'un manuel numérique pour la classe de seconde, qui a suscité la constitution d'une communauté de pratique d'enseignants. Nous nous intéressons particulièrement à un thème mathématique riche, celui des fonctions. Nous découpons la période de suivi selon des segments temporels séparés par des *incidents* survenant dans cette documentation. Nous étudions deux segments successifs, en analysant l'effet de l'incident sur le *système de ressources* communautaire et l'*organisation de la communauté*. Nous identifions enfin des *connaissances communautaires* construites dans ce travail.

**Mots-clefs** : documentation communautaire, incidents, système de ressources, organisation de la communauté, connaissances communautaires

**Abstract** – We study the development of the *community documentation* in a project of Sésamath dedicated to the design of a digital textbook for the grade 10, which prompted the establishment of a community of practice of teachers. We are particularly interested in a rich mathematical topic: the functions. We divide the period of observation in temporal segments separated by *incidents* occurring in this documentation. We study two successive segments; we analyze the effect of the incident on the *community resources system* and the *didactical organization* of the community. Finally, we identify the *community knowledge* constructed in this work.

**Keywords**: community documentation, incidents, resources system, didactical organization, community knowledge

## I. INTRODUCTION

Dans le groupe de travail « Technologie et enjeux de développement : formation à distance, ressources numériques, plate-forme, multimedia... » d'EMF 2009, les questions de développement de ressources et de développement professionnel donnent une place importante aux aspects *collectifs* du travail enseignant (Georget 2010, Kuntz et al. 2010, Gueudet et Trouche 2010a). Notre présent texte, pensé se situant dans le prolongement de ces questions, analyse les effets de la conception collective de ressources pour l'enseignement des mathématiques sur le développement professionnel des professeurs.

Le travail des professeurs intègre toujours une dimension collective, dans ou hors de l'établissement scolaire. Ainsi, en France, certains enseignants participent, volontairement, à des (travaux) collectifs comme dans les Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques (IREM) ou à l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public ou bien encore à des dispositifs variés de formation continue. Dans les IREM, des groupes d'enseignants de collège, de lycée et de l'université effectuent en commun des recherches sur l'enseignement des mathématiques et assurent des formations s'appuyant sur ces recherches. Les évolutions technologiques contribuent aussi à cet essor du collectif : le développement d'Internet a rendu ainsi plus rapide la diffusion et les échanges de ressources entre enseignants ; le développement d'outils nomades (clés USB, baladeurs...) a facilité le transport des ressources numériques d'un support à un autre. La mise à disposition, pour autrui, de ses propres ressources est ainsi facilitée. Ces développements donnent de nouvelles occasions de formes collectives de travail centrées sur le partage des ressources.

---

\* S2HEP, Université Lyon 1/ ENS de Lyon – France – [hussein.sabra@ens-lyon.fr](mailto:hussein.sabra@ens-lyon.fr)

Le développement technologique suscite en retour de nouveaux besoins et rend plus complexe le travail des enseignants. Un simple recours à des ressources en ligne, pourtant abondantes sur une variété de sites, ou un simple échange de ressources numériques ne suffisent bien sûr pas à prendre en charge cette complexité. L'ensemble de ces facteurs a favorisé l'émergence des nouvelles formes de travail collectif entre les enseignants de mathématiques (Sabra et Trouche 2009).

Le phénomène le plus significatif de cette tendance, en France, est Sésamath, association en ligne des professeurs de mathématiques, fondé en 2001, visant à fournir aux professeurs de mathématiques des ressources libres. Pour atteindre cet objectif, Sésamath développe un travail collectif entre les enseignants, autour de projets communs (Sabra 2009). Nous traiterons dans cet article deux questions : comment se développe le travail de conception de ressources pour l'enseignement des mathématiques dans Sésamath ? Quelles *connaissances mathématiques* (KM) et *connaissances pour l'enseignement* (KE) sont construites dans ce travail ?

## II. CADRE THÉORIQUE

Pour l'étude de ces questions, nous nous appuyons sur une articulation entre *l'approche documentaire* (Gueudet et Trouche 2010b), la théorie des *communautés de pratique* (CoP) (Wenger 1998) et le modèle de *niveaux d'activités* des professeurs de mathématiques (Margolinas 2002).

L'approche documentaire de la didactique (Gueudet et Trouche 2010b) vise essentiellement à analyser le travail du professeur comme un travail sur les *ressources*. Elle introduit une distinction entre ressources et *document*. Elle désigne par ressources tout ce qui peut former un « ingrédient » pour un professeur qui prépare l'enseignement d'une notion mathématique donnée. Nous distinguons différents types de ressources dans l'enseignement des mathématiques : ressources qui permettent à l'enseignant de forger le savoir à enseigner (méthodes mathématiques, représentations graphiques, etc.) ; ressources comme support permettant à l'enseignant de préparer son enseignement (logiciel, rétroprojecteur, textes officiels) ; ressources adaptables et modifiables (des fichiers de logiciels libres, etc.) ; et ressources qui permettent à l'enseignant d'échanger et d'explicitier ses idées (langage, plateformes, forums, etc.). L'approche documentaire place ce secteur étendu, de types de ressources, au cœur de l'activité du professeur. On appelle *système de ressources* l'ensemble des ressources mobilisées par un enseignant dans son travail. Un document est composé des ressources recombinaées et d'un *schème* (Vergnaud 1994) (c'est-à-dire une organisation invariante de l'activité pour effectuer un type de tâche). Chaque schème englobe des connaissances donnant forme à l'activité de l'enseignant et qui sont enrichies par cette activité (Sabra et Trouche à paraître).

Le travail documentaire collectif comprend : la sélection de ressources par un membre ou groupe de membres d'un collectif, leur combinaison, leur mise en œuvre en classe, les discussions entre les membres et les modifications qui peuvent avoir lieu tout au long de ce processus. Pour l'étude de ce travail nous utilisons la théorie des *communautés de pratique* (CoP) (Wenger 1998). Les CoP sont des regroupements, souvent professionnels, qui correspondent à un *engagement partagé* de tous leurs membres, qui *collaborent* à un projet commun. La pratique se développe par une articulation dialectique de deux processus : la *participation* et la *réification*. La participation est liée au sentiment d'appartenance que les membres sont susceptibles de développer. Elle repose sur une activité individuelle ou communautaire pour la réalisation du projet commun. La réification est le processus de production des ressources, des outils, des symboles, d'un langage commun, des concepts qui

chosifient les objets de pratique. L'équilibre entre participation et réification contribue au développement de la communauté et de sa structure.

Nous proposons une mise en relation entre le processus de participation des membres dans une CoP et les niveaux d'activités d'un enseignant de mathématiques (Margolinas 2002) : commençons par le niveau le plus général du modèle, le *niveau idéologique* (+3), représentant la réflexion du professeur sur l'enseignement des mathématiques ; le niveau suivant (+2) est le *niveau de conception d'un thème mathématique*. A ce niveau le professeur cherche à situer un cours dans une progression mathématique. Ensuite le *niveau du projet de leçon* (+1) qui consiste à traduire et à expliciter un projet d'enseignement. Le *niveau de la situation didactique* (0) est le niveau qui prend en compte l'activité du professeur en classe. Nous considérons que la participation d'un membre dans une CoP s'inscrit dans un niveau donné de ce modèle.

A l'instar de Gueudet et Trouche (2010b), nous appellerons *documentation communautaire* le processus de réification dans une CoP d'enseignants de mathématiques qui intègre les ressources communautaires produites par la participation des membres et les *connaissances communautaires*. On appelle *système de ressources communautaires* les ressources en jeu, mises en partage par les membres pour la réalisation du projet commun. Les connaissances communautaires sont des construits, qui découlent de la résolution des problèmes liés à la pratique dans la CoP (Wenger 1998). Le développement de la documentation communautaire résulte d'un développement conjoint d'une part, du système de ressources communautaires et d'autre part des connaissances communautaires.

Dans une CoP d'enseignants de mathématiques, les échanges sont complexes et de différentes natures : didactique, épistémologique, organisationnelle ou même personnelle. Les échanges complexes et diversifiés entre les membres ouvrent le système de ressources communautaire à un ensemble de ressources importantes à prendre en compte pour la réalisation du projet commun. Les modalités d'échange entre les membres d'une CoP, les différents rôles des membres et les ressources à disposition de la CoP, influencent naturellement la réalisation du projet commun. Nous définissons l'*organisation de la communauté* comme l'arrangement de ces conditions sous lesquelles une communauté est amenée à concevoir des ressources pour la réalisation du projet commun. Nous appelons *incident documentaire communautaire* toute intégration, volontaire ou non, d'une ressource, dans le système de ressources communautaire qui modifie le cours de la documentation communautaire. Les incidents communautaires ne sont pas entendus dans le seul sens négatif, mais ils peuvent naturellement favoriser l'émergence de la CoP.

Nous reformulons nos questions comme suit : comment se développe la documentation communautaire ? Quels effets des incidents communautaires sur ce développement ? Quelles KM et KE communautaires sont construites dans cette documentation ?

### III. CONSTRUCTION DU TERRAIN EXPÉRIMENTAL

Pour développer notre questionnement, nous avons fait le choix d'un projet particulier de Sésamath : projet de conception d'un manuel numérique (digital Textbook) pour la classe de seconde (15-16 ans) (nous appelons dans la suite « digiTex » le groupe d'enseignants de Sésamath qui porte ce projet) et d'un thème mathématique : les fonctions. Dans ce qui suit, nous justifierons nos choix et nous présenterons notre terrain expérimental.

Le noyau dur de Sésamath est constitué d'environ une centaine de membres adhérents. Il y a dans Sésamath un partage d'un ensemble de principes inscrits dans une charte : une philosophie commune du service public et de « mathématiques pour tous ». Élu par ce noyau,

le conseil d'administration de l'association lance régulièrement de nouveaux projets pour concevoir des ressources correspondant aux besoins des enseignants. Les projets rassemblent des enseignants dont certains sont impliqués dans plusieurs projets en même temps. Ils travaillent principalement à distance, via une plate-forme et des listes de diffusion. Les collectifs réunis autour des différents projets présentent les caractéristiques de la CoP, ils se développent donc en tant que des CoP potentiels (Wenger et *al.* 2002). Parmi les projets lycée de Sésamath, il y a plusieurs qui concernent le niveau du lycée, comme digiTex et Mathenpoche seconde (MeP2<sup>nde</sup>) qui s'inscrit dans la continuité de MeP collège. DigiTex a été lancé en juin 2009 avant MeP2<sup>nde</sup>, mais le développement de ces deux projets, comme de tous les projets lycée de Sésamath, n'est pas indépendant.

Comme pour les chapitres de MeP collège, un chapitre de MeP2<sup>nde</sup> (figure 1) est constitué d'un rappel des connaissances du collège nécessaires pour ce chapitre, d'une partie qui concerne le cours avec des exercices interactifs d'application et d'une troisième partie évaluation formée d'une QCM et DS avec des corrigés interactifs. Dans notre recherche, nous avons suivi la documentation dans digiTex. Ce choix a été motivé par deux raisons : 1) après avoir conçus des manuels pour le collège (du 6<sup>ème</sup> au 3<sup>ème</sup>), les membres de Sésamath abordent pour la première fois des mathématiques plus complexes, celle de la classe de seconde ; 2) après avoir conçus des manuels en format classique (pdf, fichiers, OpenOffice que les enseignants puissent librement télécharger et modifier), les membres de Sésamath visaient, avec ce projet, de créer un nouveau type de manuel numérique full Web structuré autour d'atomes<sup>1</sup> formulés sous la forme de types de tâche, et constitué de briques au format Web indexées de telle façon que l'enseignant puisse s'approprier et adapter à ses propres besoins. Nous avons supposé que ces nouveaux défis (mathématique et technique) pourraient stimuler la documentation communautaire, et donc la rendre plus intéressante pour notre recherche.



**Figure 1** – Copie d'écran de MeP2<sup>nde</sup> présentant les différentes parties d'un chapitre sur les fonctions

Les membres de digiTex sont en majorité des enseignants en lycée. Lors du démarrage du projet, 8 membres étaient inscrits sur la liste de diffusion de ce projet. Le nombre a augmenté et a atteint une trentaine à la fin de la première année. Durant les trois premiers mois du projet, les membres déposaient et modifiaient les ressources sur un wiki auquel nous avions accès.

Nous nous intéressons au suivi du thème fonction dans ce projet. Nous avons fait ce choix du fait de la complexité de ce thème, susceptible ainsi d'être le lieu d'incidents, révélateurs de

<sup>1</sup> Terme propre aux membres de digiTex.

la documentation communautaire. De nombreux auteurs, comme Bloch (2002), soulignent en effet les difficultés que les enseignants rencontrent pour construire cet enseignement. Nous questionnons le rôle de la documentation communautaire des enseignants pour surmonter les difficultés d'enseignement des fonctions.

#### IV. MÉTHODOLOGIE

Analyser la documentation communautaire exige de prendre en compte plusieurs paramètres : observation sur le long terme pour mettre en évidence les régularités ; suivi individuel et communautaire, suivi des activités des membres et des ressources conçues, suivi en classe et hors de la classe. Nous effectuons le suivi comme observateur extérieur autant que possible.

Pour le suivi du travail documentaire d'un enseignant, Gueudet et Trouche (2010b) proposent une méthodologie : *l'investigation réflexive*. Suivant cette méthodologie, l'enseignant est un acteur essentiel dans le recueil de données et les outils méthodologiques suscitent une réflexivité individuelle. Parmi ces outils : des entretiens avec le professeur à son domicile ; une *représentation schématique du système de ressources* ; un journal de bord dans lequel le professeur relève les éléments marquants de son travail documentaire. L'ensemble des ressources conçues durant la période de suivi est aussi collecté.

Pour le suivi de la documentation communautaire, nous avons conçu une méthodologie dans le prolongement de cette méthodologie d'investigation réflexive. Nous avons d'abord recueilli les ressources naturelles produites dans la dynamique du projet. Parmi ces ressources naturelles la liste de diffusion propre à digiTex qui est un outil d'échanges et de conception de ressources. Nous avons reconstruit les fils de discussion de cette liste. Un fil de discussion est l'ensemble des messages échangés correspondant à un même sujet. La participation des membres à un fil de discussion s'inscrit dans un niveau d'activités (§II) que nous préciserons. Nous avons encore recueilli les ressources conçues pour la réalisation du manuel, plus particulièrement celles liées au thème « fonction ». Nous avons aussi conçu de nouveaux outils méthodologiques suscitant une réflexivité sur les activités communautaires. Parmi ces outils, un Petit Agenda de Suivi (PAS), renseigné par certains membres de la CoP choisis pour leurs rôles dans le projet. Le PAS est formé de plusieurs rubriques : description de l'incident ; acteurs jouant un rôle dans l'incident ; décisions prises ; effets de l'incident.

Nous visons, à travers ce PAS, à identifier, à partir des points de vue de certains membres, les incidents et à analyser leur impact sur la documentation communautaire tout au long de la période du suivi. Nous avons choisi deux membres de digiTex pour renseigner chacun un PAS : BM, membre du CA de Sésamath, facilitateur de l'engagement des membres dans le projet ; AL, coordinateur du débat, responsable de MeP2<sup>nde</sup>. Nous ne nous limitons pas aux PAS pour repérer les incidents, nous procédons par une confrontation des différents types de données recueillies.

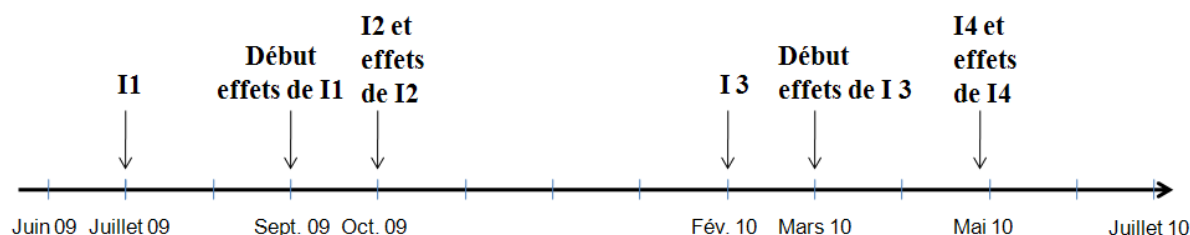
#### V. ANALYSE DES DONNÉES

Dans cette partie, nous présentons le découpage de la période de suivi, puis nous décrivons la structure de notre méthodologie d'analyse. Nous exposons enfin notre analyse.

##### 1. *Découpage par Incident*

Nous avons fait un découpage en fonction des incidents communautaires repérés durant la période de suivi. Comme le temps entre un incident et l'observation de ses effets sur la

documentation et l'organisation de la communauté n'est pas constant, nous faisons le découpage en fonction de notre observation des effets de l'incident (figure 2).



**Figure 2** - les incidents communautaires et leurs effets en fonction de la période de suivi

La période de suivi est découpée alors en 5 *segments temporels*. Nous choisissons pour analyser dans le présent article :

- le premier segment (début juin 2009 → début septembre 2009) qui correspond à 7 fils de discussion;
- le deuxième segment (début septembre 2009 → début octobre 2009) qui correspond à 6 fils de discussion.

Ces deux segments sont séparés par I1 (l'apparition du nouveau programme de seconde). Le titre que nous indiquons pour chaque fil de discussion est celui donné par les membres de digiTex. Pour chaque segment, nous analyserons d'une part, la participation des membres et l'organisation de la CoP à partir des fils de discussion, et d'autre part le système de ressources communautaires à partir des ressources proposées et conçues par la participation. L'analyse des ressources conçues portera sur leur type ; leur contenu mathématique ; choix didactique ; et la stratégie d'enseignement de fonction dans laquelle elles s'inscrivent. Nous allons procéder pour l'identification des KM et KE communautaires par problème (§II). Nous identifierons un problème lié à la pratique, et nous étudierons le processus de sa résolution par les membres de la CoP.

## 2. Analyse du premier segment

Dans ce segment, la participation des membres s'inscrit dans les niveaux d'activités (+2) et (+3) (§II), sauf pour le fil de discussion « première fiche » qui s'inscrit dans le niveau (+1).

| Fil de discussion                       | Niveau d'activité | Description de l'activité                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| entrée fonctionnelle                    | +2                | Conception du thème fonction : progression allant de la 3 <sup>ème</sup> à la terminale.                                                    |
| Wiki                                    | +2                | Mise en place d'un wiki et processus de dépôt des ressources pour le thème fonction.                                                        |
|                                         | +3                | Possibilité de rajouter un onglet pour la statistique.                                                                                      |
| atomes fonctions seconde                | +2                | Conception des <i>atomes</i> pour le thème fonction : rapport entre atomes et programme de seconde.                                         |
| Re : [sesamath] sur le manuel numérique | +3                | Conception des fichiers mathématiques fullweb.                                                                                              |
| une première fiche                      | +1                | Proposition d'une ressource « les intervalles » pour l'introduction de la notion de fonction ; Discussion didactique autour de son contenu. |

|                                |    |                                                                                               |
|--------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| méthode de travail             | +3 | Activité organisationnelle : fonctionnement du wiki avec des exemples sur la fonction carrée. |
| méthode de travail-exercices ? | +2 | Questionnement autour du modèle des fiches à concevoir.                                       |
|                                | +3 | Proposition d'une réunion moodle pour faire le point sur le projet (outils et fiches conçues) |

**Tableau 1** – la participation sur la liste de diffusion correspondant au 1<sup>er</sup> segment d'analyse

Trois ressources sont conçues dans ce segment : les intervalles (première fiche) ; la fonction carrée (méthode de travail) ; les atomes pour le thème de fonction (atomes fonction seconde). Nous présentons dans ce qui suit une analyse didactique de ces ressources.

### Les intervalles (Annexe 1)

C'est une fiche de cours où on présente une définition des intervalles comme partie de l'axe des nombres réels. A la fin de la ressource on donne des exemples. La conception de cette ressource ne s'inscrit pas dans le cadre d'une progression explicitée. C'est une fiche de cours où pas de responsabilité à la charge des élèves. La stratégie d'enseignement des fonctions dans laquelle elle s'inscrit n'est pas claire en ce moment de développement du projet. Dans les discussions de cette ressource, il a eu une proposition que le cours sera le résultat d'une activité introductive de la notion d'intervalle. Il n'a pas eu des discussions autour de la gestion didactique de cette ressource dans la classe.

### La fonction carrée (Annexe 2)

C'est une fiche de cours où on présente la fonction carrée : définition comme correspondance ensembliste ; étude des variations comme une interprétation de la représentation graphique. La conception de cette ressource ne s'inscrit pas dans le cadre d'une progression explicitée. Il n'y a pas de responsabilité à la charge des élèves. Elle ne s'inscrit pas dans le cadre d'une stratégie explicite d'enseignement des fonctions.

### Les atomes pour le thème fonction en seconde (Annexe 3)

C'est une ressource structurant la participation ultérieure des membres autour du thème fonction. Elle est formée d'une liste d'atomes (38 atomes) conçus en fonction du programme de seconde. Il a eu une proposition de construire des cours classiques pour chaque atome suivant le modèle : activité introductive, cours (définitions, théorèmes et méthodes), démonstration et exercices d'application. Nous classons les atomes dans 4 catégories : définition suivant trois entrées (graphique ; algébrique et tableau) ; propriétés des fonctions (sens de variations et extremums) ; différents types de fonctions (affine, carrée, inverse et monographique) ; fonctions et résolution de problèmes (coordination de deux registres, mise en équation, transformations d'expressions algébriques). Certains atomes peuvent s'inscrire dans deux catégories en même temps.

La conception des ressources dans ce segment s'est réalisée dans le cadre du développement d'une méthode de travail pour la réalisation du projet. La mise en place d'un wiki, pour le dépôt des ressources conçues, a déterminé l'organisation de la communauté dans ce segment : la difficulté de la prise en main du wiki par les membres a multiplié les discussions autour de la modification des ressources qui y sont déposées. Les choix didactiques effectués dans la conception des ressources sont très liés au programme, ceci apparaît clairement dans les discussions : « *c'est mentionné dans le programme dans le paragraphe "notations mathématiques"* » (Anaïs, première fiche) ; « *J'ai créé une liste d'atomes pour les fonctions en seconde d'après le programme* » (LZ, atomes fonctions seconde) ; « *J'avais mis ... quelques idées, essentiellement liées au programme de 3e et sur les fonctions en 2<sup>e</sup>* » (XOB, atomes fonctions seconde).

5 membres ont écrit 82% des messages de ce segment. Nous avons identifié les rôles de 4 membres parmi eux que nous présentons en fonction du pourcentage de leurs messages dans ce segment :

- LZ (30.3%) : concepteur de ressources et modificateur principal (quasi unique) des ressources ;
- AL (10.5%) : coordinateur du débat quand c'est lié à la méthode du travail et l'organisation de la réalisation du projet ;
- BM (21%) : l'animateur du wiki, il a pris à sa charge de faciliter la prise en main du wiki par les membres ;
- Anaïs (13.2%) : relectrice et commentatrice des ressources proposées qui conduiront à des modifications.

Dans le fil « première fiche » (Annexe 4), lors de la conception de la fiche intervalles, les membres ont posé le problème de l'introduction des nouvelles notions dans le manuel, en particulier les intervalles. Il a eu plusieurs propositions : « *peut-être faut-il mettre un exemple introductif* » (Anaïs) ; ensuite, elle précise qu'il vaut que cet exemple soit un exemple de la vie quotidienne : « *Pas si facile de trouver un exemple concret* ». BM fait une proposition d'introduire les intervalles « *à partir des équations et inéquations : on donne le résultat sous la forme  $S=...$*  » ; Anaïs insiste sur l'intérêt des exemples concrets : « *je trouve que les exemples ... liés à la vie quotidienne, plus parlant que  $S=$  pour l'ensemble des solutions d'inéquations* ». XOB propose : « *Mais n'aurait-on pas intérêt à rédiger cela sous forme de questions, pour avoir petit à petit des séries d'activités ?* ». Anaïs rejoint l'idée de XOB : « *il faudrait rédiger une première fiche d'activité qui permet d'introduire naturellement tout ce qui est dans la fiche de cours, qui elle doit être rédigée sous forme de synthèse* ». Cette proposition a été acceptée enfin par les membres.

La KE construite d'après la résolution de ce problème : l'introduction et la définition des nouveaux concepts viennent comme résultat d'une activité mathématique. Les membres s'appuieraient sur cette KE pour la conception des ressources où on introduit des nouveaux concepts et notions.

La participation des membres a conduit au développement d'un système de ressources constitué du : wiki support pour la réalisation du projet ; programme de la classe de seconde support pour le démarrage du projet et des ressources conçues (intervalles, fonction carrée, atomes fonction seconde). Les deux dernières ressources ont été conçues par une participation s'inscrivant dans les niveaux (+2) et (+3). Nous notons une absence d'une stratégie d'enseignement de fonctions dans laquelle s'inscrit la conception de ces ressources. Le seul fil de discussion dont la participation des membres s'inscrit dans le niveau (+1) conduisait à la conception d'une ressource (intervalles) et à la construction d'une KE communautaire. La participation qui a conduit à une construction d'une KE est celle qui a donné objet à une ressource conçue pour le manuel.

### 3. Analyse du deuxième segment

L'observation des effets d'I1 a commencé au début septembre, lorsque les enseignants ont commencé à prendre en compte le nouveau programme dans leur participation. Dans ce segment, la participation des membres s'inscrit, majoritairement, dans les niveaux (+3) et (+2).

| Fil de discussion                                 | Niveau d'activité | Description de l'activité                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Progression 2nde                                  | +2                | Conception d'une progression pour digiTex et articulation entre plusieurs thèmes (fonction, géométrie, etc.)                                            |
|                                                   | +2                | Proposition d'une transition collège/lycée autour du thème fonction.                                                                                    |
|                                                   | +1                | Échange didactique autour d'un « problème préparatoire » proposée, qui peut être utilisé en géométrie et fonction.                                      |
|                                                   | +3                | Échanges autour de l'enseignement des mathématiques au lycée.                                                                                           |
| Re : proposition pratique – projet manuel seconde | +3                | Explication des problèmes révélés par l'apparition du nouveau programme et de la problématique croisée de plusieurs projets lycée (digiTex, Mep Lycée). |
| Liste mathlycée                                   | +3                | Lancement de la liste mathlycée pour mutualiser le travail dans les différents projets lycée.                                                           |
| Jean Paul Quelen                                  | +3                | Présentation des projets lycée de Sésamath auxquels digiTex est lié. Des problèmes techniques empêchent le développement d'un manuel full web.          |
| Lancement liste lycée                             | +3                | Lancement de la liste lycée. Concentration durant cette année sur la classe de seconde. Faire un lien fort avec MeP lycée.                              |
|                                                   | +2                | Parler du modèle de ressources dans les projets lycée.                                                                                                  |
| Chapitrage seconde                                | +2                | La conception d'un chapitrage lié au nouveau programme de seconde. le thème fonction prenait une grande partie des discussions didactiques.             |

**Tableau 2** – la participation dans les fils de discussion correspondant au 2<sup>ème</sup> segment d'analyse

Durant ce segment, les membres ont fait une large proposition de ressources sans qu'il y ait une activité de conception importante. Parmi les propositions : 3 progressions pour la seconde ; progression du thème fonction dans deux manuels. Avec le lancement de la liste lycée, les ressources conçues dans les autres projets lycée font partie du système de ressources communautaire. La seule ressource conçue dans ce segment est la progression du thème fonction (progression 2<sup>nde</sup>). Nous présentons dans ce qui suit une analyse didactique de cette ressource.

### Progression du thème fonction

Nous considérons cette ressource comme structurant le thème fonction dans digiTex. Elle est constituée d'un découpage dit « classique », déterminé par les recommandations du nouveau programme. On y présente une définition ensembliste des fonctions, suivi d'une étude des variations, ordre et extremums. Les équations et les inéquations ont le statut d'outils pour l'enseignement des fonctions. Ce choix conduirait à une conception des problèmes de mise en équations au fil des chapitres. Les fonctions de références sont données à titre d'exemples pour illustrer les propriétés des fonctions. Cette ressource a été conçue à la fin de ce segment.

3 membres renseignaient 58.3% des messages de ce segment. Nous y décrivons leurs rôles dans ce qui suit en fonction du pourcentage de leurs messages :

- JV (26.4%) : initiateur d'idées et de décisions prises par Sésamath pour faire face à I1 ;
- AL (11.1%) : coordinateur des débats dans la perspective d'assurer des rapports entre digiTex et les projets lycée ;
- Anaïs (19.5%) : relectrice et commentatrice des ressources proposées, elle a aussi proposé des ressources.

Durant ce segment, SH (3 messages) n'est pas parmi les trois ayant une participation importante, mais ses interventions ont assuré un mouvement systémique des projets lycée de Sésamath. En comparant les rôles des membres entre le premier et le deuxième segment, on remarque qu'il y a des rôles qui ont disparu et d'autres qui ont émergé. Les rôles de BM et LZ ont disparu, parce qu'il n'y avait pas des discussions autour du wiki. AL et Anaïs ont conservé leurs rôles mais ils les ont adaptés à la situation après I1.

Dans le fil « chapitrage seconde », les membres ont rencontré un problème : quelle progression du thème fonction faut-il adopter ? Des propositions ont été indiquées : « *il faut se mettre d'accord pour que ça soit commun à tous les projets* »(AL). JV propose une progression qui considère le nouveau programme : définition et propriétés des fonctions, suivies d'un chapitre sur les fonctions références, les équations et inéquations sont des chapitres transversaux : « *à chaque fois qu'on rencontre un nouveau type de fonction, le calcul d'antécédent donne un nouveau type d'équation* »(JV). Anaïs propose une progression du thème fonction commençant par la définition, suivie par un chapitre sur les équations et les inéquations pour l'étude des fonctions, elle termine sa proposition par des problèmes de synthèse. Les fonctions de références sont présentées transversalement pour « *illustrer tous les aspects des fonctions* »(Anaïs). JV présente son désaccord avec Anaïs suit : « *dans ta progression, les notions transversales (équations, inéquations) font l'objet de chapitres bien identifiés, alors que les fonctions de références ... se retrouvent éparpillées ... J'ai tendance à croire qu'il faudrait faire le contraire* » (JV). SH avait d'autres critères à prendre en compte dans l'élaboration de la progression : « *le mieux serait d'avoir le découpage le plus classique ... c'est à dire celui repris dans la majorité des manuels* ». Après avoir vu les découpages classiques dans les différents manuels, les membres se sont mis d'accord sur un découpage prenant en compte les différents critères suscités : « *On peut utiliser les fonctions de référence pour servir d'exemples dans les chapitres plus généraux... le chapitrage proposé par JV (qui cadre bien avec ceux des manuels déjà édités, ...) me semble convenir, en prenant soin d'introduire très tôt les fonctions de référence dans les exemples* » (SH).

Une KM pour l'enseignement est construite d'après la résolution de ce problème : la progression du thème fonction se présente du général (définition, propriétés) au particulier (fonctions de référence comme exemples), les équations et inéquations ont le statut d'outil dans cette progression. La CoP ferait appel à cette KM lors de la conception des ressources s'inscrivant dans ce thème.

Après I1, il y a eu un déséquilibre entre la participation et la documentation communautaire. L'équilibre est retenu à la fin de ce segment avec la conception de la progression du thème fonction : une participation qui a conduit à une ressource conçue et KM construite. En comparant le premier et le deuxième segment, nous avons remarqué la présence d'une reconfiguration du système de ressources communautaire en fonction de I1 (on ne parle pas des ressources du premier segment sauf des atomes d'une façon marginale).

## VI. CONCLUSION

Nous avons présenté dans cet article un modèle théorique et une méthodologie pour analyser la documentation communautaire d'enseignants de mathématiques. Nous avons présenté cette étude dans le cas d'un projet de Sésamath : le projet digiTex.

Au début de la réalisation du projet, l'activité des membres se situe dans le développement d'une méthode de travail. Ils ont pris les fonctions mathématiques comme objet autour duquel ils ont développé cette méthode. Dans le cas étudié, l'incident touchait une ressource jouant un rôle central (le programme de seconde) dans le travail de conception de ressources, ceci a

conduit à une réorganisation de ce travail : réorganisation des rôles des membres et propositions de nouvelles ressources par les membres. Créer des rapports entre les différents projets de Sésamath forme un support pour faire face à l'incident. Dans le cas étudié, la construction des KM et KE était le fruit d'une activité de conception de ressources, dans laquelle s'engageaient les membres les plus actifs.

Cette étude a révélé des questions qui méritent plus d'approfondissement : Comment analyser les rapports entre construction des KM et KE et conception collective de ressources ?

## RÉFÉRENCES

- Bloch I. (2002) Un milieu graphique pour l'apprentissage de la notion de fonction au lycée. *Petit x* 58, 25-46.
- Georget J.-P. (2010) Apport de l'ergonomie des EIAH pour l'analyse et la conception de ressources. In Kuzniak A., Sokhna M. (Eds.) *Enseignement des mathématiques et développement : enjeux de société et de formation*. <http://fastef.ucad.sn/EMF2009/Groupes%20de%20travail/GT6/georget.pdf>
- Gueudet G., Trouche L. (2010a) Développement de ressources pour l'enseignement et dispositifs de formation : éléments de réflexion à partir du dispositif français Pairform@nce. In Kuzniak A., Sokhna M. (Eds.) *Enseignement des mathématiques et développement : enjeux de société et de formation*. <http://fastef.ucad.sn/EMF2009/Groupes%20de%20travail/GT6/Gueudet%20&%20trouche.pdf>
- Gueudet G., Trouche L. (dir) (2010b) *Ressources vives. Le travail des professeurs de mathématiques*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, et Lyon : INRP.
- Kuntz G., Clerc B., Hache S. (2010) Questions à l'association Sésamath : un modèle crédible pour créer, éditer et apprendre des mathématiques ? In Kuzniak A., Sokhna M. (Eds.) (pp. 867-880) *Enseignement des mathématiques et développement:enjeux de société et de formation*. <http://fastef.ucad.sn/EMF2009/Groupes%20de%20travail/GT6/kuntz,%20Clerc%20et%20Hache.pdf>
- Margolinas C. (2002) Situations milieux, connaissances : Analyse de l'activité du professeur. In Dorier J.-L., Artaud M., Artigue M., Berthelot R., Floris R. (Eds.) (pp. 141-155) *Actes de la 11e école d'été de didactique des mathématiques*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Sabra H. (2009) Entre monde du professeur et monde du collectif: réflexion sur la dynamique de l'association Sésamath. *Petit x* 81, 55-78.
- Sabra H., Trouche L. (à paraître) Collective design of an online math textbook: when Individual and collective documentation works meet. *Proceedings of CERME 7, 9th to 13th February 2011*. Rzesów, Poland.
- Sabra H., Trouche L. (dir.) (2009) *Enseignement des mathématiques et TICE, Revue de la littérature de recherche francophone (2002 – 2008)*. Lyon : INRP. <http://www.inrp.fr/editions/editions-electroniques/enseignement-des-mathematiques-et-tice>
- Vergnaud G. (1994) Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. In Artigue M., Gras R., Laborde C., P. Tavinot (Eds.) (pp. 177-191) *Vingt ans de didactiques des mathématiques en France*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Wenger E. (1998) *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wenger E., McDermott R. A., Snyder W. (2002) *Cultivating communities of practice: a guide to managing knowledge*. Boston MA: Harvard Business School Press.

## ANNEXE

## Annexe 1 : les intervalles

## Les intervalles

## Définitions

On peut identifier l'ensemble de tous les nombres connus (appelés *nombres réels*) à un axe gradué. Un **intervalle** est une partie de cet axe constituée *d'un seul tenant*.

| Table des matières       |
|--------------------------|
| • Les intervalles        |
| • Définitions            |
| • Intervalles bornés     |
| • Intervalles non bornés |
| • Exemples               |

## Intervalles bornés

Étant donnés deux nombres  $a$  et  $b$ , avec  $a < b$ . On appelle **intervalle de bornes  $a$  et  $b$**  l'ensemble de tous les nombres  $x$  tels que  $x$  est compris entre  $a$  et  $b$ . Il y a quatre possibilités, suivant qu'on considère une inégalité stricte (comme  $<$ ) ou large ( $\leq$ ).

| Notation crochet | Illustration | Condition vérifiée par $x$ | Nom                                      |
|------------------|--------------|----------------------------|------------------------------------------|
| $x \in [a ; b]$  |              | $a \leq x \leq b$          | intervalle fermé en $a$ et $b$           |
| $x \in ]a ; b]$  |              | $a < x \leq b$             | intervalle ouvert en $a$ et fermé en $b$ |
| $x \in ]a ; b[$  |              | $a < x < b$                | intervalle ouvert en $a$ et $b$          |
| $x \in [a ; b[$  |              | $a \leq x < b$             | intervalle fermé en $a$ et ouvert en $b$ |

Lorsqu'une borne n'appartient pas à l'intervalle, le crochet est tourné vers l'extérieur et on dit que l'intervalle est **ouvert** en cette borne. Lorsqu'une borne appartient à l'intervalle, le crochet est tourné vers l'intérieur et on dit que l'intervalle est **fermé** en cette borne.

On note toujours un intervalle borné avec le plus petit nombre à gauche et le plus grand à droite.

## Intervalles non bornés

| Notation crochet            | Illustration | Condition vérifiée par $x$ |
|-----------------------------|--------------|----------------------------|
| $x \in [a ; +\infty[$       |              | $a \leq x$                 |
| $x \in ]a ; +\infty[$       |              | $a < x$                    |
| $x \in ]-\infty ; a[$       |              | $x < a$                    |
| $x \in ]-\infty ; a]$       |              | $x \leq a$                 |
| $x \in ]-\infty ; +\infty[$ |              | aucune (tous les nombres)  |

Le signe  $\infty$  se lit *l'infini*.

$-\infty$  ("moins l'infini") signifie que l'intervalle contient des nombres aussi petits que l'on veut.  $+\infty$  ("plus l'infini") signifie que l'intervalle contient des nombres aussi grands que l'on veut. Le crochet est toujours situé vers l'extérieur du côté de  $-\infty$  et  $+\infty$ .

## Exemples

1. Au bac, les candidats qui obtiennent une mention *Très Bien* sont ceux dont la moyenne est dans l'intervalle  $[16 ; 20]$ .
2. En France, un mineur est une personne dont l'âge, en année, est dans l'intervalle  $[0 ; 18[$ .
3. Pour surgeler des aliments, il est conseillé de régler son congélateur sur une température, en degrés Celsius, comprise dans l'intervalle  $[-30 ; -25]$  environ.
4. Les nombres positifs ou nuls constituent l'intervalle  $[0 ; +\infty[$ .
5. Les nombres strictement positifs constituent l'intervalle  $]0 ; +\infty[$ .

Annexe 2 : la fonction carrée**La fonction carré**

Table des matières

**Définition**

La **fonction carré** est la fonction qui, à tout nombre  $x$ , associe son carré  $x^2$ .

**Quelques valeurs**

|                      |    |    |    |      |   |      |   |   |   |    |
|----------------------|----|----|----|------|---|------|---|---|---|----|
| <b>x</b>             | -3 | -2 | -1 | -0,5 | 0 | 0,5  | 1 | 2 | 3 | 4  |
| <b>x<sup>2</sup></b> | 9  | 4  | 1  | 0,25 | 0 | 0,25 | 1 | 4 | 9 | 16 |

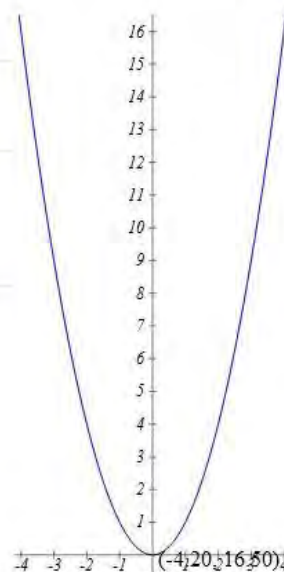
**Variations**

La fonction carré est décroissante sur l'intervalle  $]-\infty; 0]$  et croissante sur  $[0; +\infty[$ . Cela signifie que :

- des nombres positifs sont classés dans le même ordre que leurs carrés ;
- des nombres négatifs sont classés dans l'ordre inverse de leurs carrés.

Le tableau de variations de la fonction carré est :

|       |                                                                                                     |     |           |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------|
| $x$   | $-\infty$                                                                                           | $0$ | $+\infty$ |
| $x^2$ | <br>$(0,00; 7,00)$ |     |           |



Graphe de la fonction carré.

### Annexe 3 : fonction atomes seconde

#### Liste d'atomes en seconde d'après le projet de programme

1. Traduire le lien entre deux quantités par une formule.
2. Pour une fonction définie par une courbe : identifier la variable et, éventuellement, l'ensemble de définition ;
3. Pour une fonction définie par un tableau de données : identifier la variable et, éventuellement, l'ensemble de définition cf *fonction\_definie\_par\_un\_tableau\_de\_donnees* ;
4. Pour une fonction définie par une formule : identifier la variable et, éventuellement, l'ensemble de définition ;
5. Pour une fonction définie par une courbe : déterminer l'image d'un nombre ;
6. Pour une fonction définie par une courbe : rechercher des antécédents d'un nombre.
7. Pour une fonction définie par un tableau de données : déterminer l'image d'un nombre ;
8. Pour une fonction définie par un tableau de données : rechercher des antécédents d'un nombre.
9. Pour une fonction définie par une formule : déterminer l'image d'un nombre ;fct\_formule\_image\_nb Rédigé par Xavier
10. Pour une fonction définie par une formule : rechercher des antécédents d'un nombre.
11. Fonction croissante, fonction décroissante ;
12. maximum, minimum d'une fonction sur un intervalle.
13. Décrire, avec un vocabulaire adapté ou un tableau de variations, le comportement d'une fonction définie par une courbe.
14. Dessiner une représentation graphique compatible avec un tableau de variations.
15. Lorsque le sens de variation est donné, par une phrase ou un tableau de variations : comparer les images de deux nombres d'un intervalle ;
16. déterminer tous les nombres dont l'image est supérieure (ou inférieure) à une image donnée.
17. Transformations d'expressions algébriques en vue d'une résolution de problème.
18. Associer à un problème une expression algébrique.
19. Identifier la forme la plus adéquate (développée, factorisée) d'une expression en vue de la résolution du problème donné.
20. Développer des expressions polynomiales simples ;
21. factoriser des expressions polynomiales simples ;
22. transformer des expressions rationnelles simples.
23. Mettre un problème en équation.
24. Résoudre une équation se ramenant au premier degré.
25. Encadrer une racine d'une équation grâce à un algorithme de dichotomie.
26. Donner le sens de variation d'une fonction affine : cf *variation\_d\_une\_fonction\_affine*
27. Donner le tableau de signes de  $a x + b$  pour des valeurs numériques données de  $a$  et  $b$ .
28. Connaître les variations de la fonctions carré. Représenter graphiquement la fonction carré. *fonction\_carre*
29. Connaître les variations de la fonctions inverse. Représenter graphiquement la fonction inverse. *fonction\_inverse*
30. Connaître les variations des fonctions polynômes de degré 2 (monotonie, extremum) et la propriété de symétrie de leurs courbes.
31. Identifier l'ensemble de définition d'une fonction homographique.
32. Résoudre graphiquement des inéquations de la forme :  $f(x) < k$ .
33. Résoudre graphiquement des inéquations de la forme :  $f(x) < g(x)$ .
34. Pour un même problème, combiner résolution graphique et contrôle algébrique.
35. Résoudre une inéquation à partir de l'étude du signe d'une expression produit ou quotient de facteurs du premier degré.
36. Résoudre algébriquement les inéquations nécessaires à la résolution d'un problème.
37. « Enroulement de la droite numérique » sur le cercle trigonométrique et définition du sinus et du cosinus d'un nombre réel.
38. On fait le lien avec les valeurs des sinus et cosinus des angles de  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ .

### Annexe 4 : le fil de discussion « première fiche »

#### M1. LZ, 3 juin 2009, 14h55

Voici un premier brouillon de fiches sur les intervalles :

<http://manuel2nde.sesamath.net/doku.php?id=1>

Qu'en pensez-vous ?

#### M2. Anaïs, 3 juin 2009, 15h31

Voici un premier brouillon de fiches sur les intervalles :

<http://manuel2nde.sesamath.net/doku.php?id=1>

Qu'en pensez-vous ?

@+

c'est très bien

Peut-être faut-il mettre un exemple introductif pour les intervalles non bornés avant le tableau où intervient le symbole de l'infini

Anaïs

**M3. LZ, 3 juin 2009, 15h45**

Est-ce que je remonte l'exemple sur la majorité à cet endroit-là ?

Mineur ->  $[0 ; 18[$ , majeur ->  $[18 ; +\infty[$  ?

À moins que quelqu'un ait une autre idée...

@+

**M4. Anaïs, 3 juin 2009, 15h53**

Il faudrait trouver un autre exemple parce que vivre l'éternité pour l'instant ce n'est pas gagné ;-)

Pas si facile de trouver un exemple concret .... une histoire de distance dans l'univers peut être ?

Anaïs

**M5. BM, 3 juin 2009, 16h36**

*Voici un premier brouillon de fiches sur les intervalles :*

<http://manuel2nde.sesamath.net/doku.php?id=1>

*Qu'en pensez-vous ?*

2 remarques :

- la version actuelle du programme ne mentionne pas du tout les intervalles. Seront-ils toujours au programme ?
- dans ces conditions, je pencherais plutôt pour une introduction à partir des équations et inéquations : on donne le résultat sous la forme  $S=...$

BM

**M6. Anaïs, 3 juin 2009, 16h41**

Si BM !, c'est mentionné dans le programme dans le paragraphe « notations mathématiques » page 10 et je trouve que les exemples de LZ sont bien intéressants car liés à la vie quotidienne, plus parlant que  $S=$  pour l'ensemble des solutions d'inéquations

Anaïs

**M7. XOB, 3 juin 2009, 17h04**

Voici une très bonne base de départ.

J'aime aussi bien l'exemple d'introduction. Mais n'aurait-on pas intérêt à rédiger cela sous forme de questions, pour avoir petit à petit des séries d'activités ?

Peut-être peut-on mettre un deuxième exemple qui parte de l'aspect inéquation, car c'est finalement le premier contact avec les intervalles (sans le dire) au Collège. Ou de faire un atome qui lie ces deux notions.

Pourquoi ne pas parler des nombres réels dans la définition ?

Dans cette définition, je dirai plutôt : Sur une droite graduée (ou axe), où à chaque point est associé un nombre, et réciproquement, un intervalle correspond à une partie... (la suite idem) Peut-être éventuellement de rappeler la définition de la droite graduée.

Je dirais que l'on distingue deux grandes catégories d'intervalles : les intervalles bornés (4 types) et les intervalles non bornés (5 types) et de mettre l'intervalle  $]-\infty; +\infty[$  dans le tableau. Pour les exercices, je vois déjà bien un exo MeP ;-)

XOB

**M8. Anaïs, 3 juin 2009, 17h12**

En fait il faudrait rédiger une première fiche d'activité qui permet d'introduire naturellement tout ce qui est dans la fiche de cours, qui elle doit être rédigée sous forme de synthèse, qu'en pensez-vous ?

Anaïs

**M9. LZ, 3 juin 2009, 18h04**

2 remarques :

- la version actuelle du programme ne mentionne pas du tout les intervalles. Seront-ils toujours au programme ?

Ils sont évoqués dans la partie fonctions « fonction croissante sur un intervalle » etc. C'est pour ça que je les ai rajoutés dans les fonctions.

- dans ces conditions, je pencherais plutôt pour une introduction à partir des équations et inéquations : on donne le résultat sous la forme  $S=...$

Mais si on fait ça, ce n'est plus atomique. Un collègue peut avoir besoin des intervalles avant, dès la définition des fonctions par exemple.  
@+

**M10. LZ, 3 juin 2009, 18h07**

Bonjour,

Voici une très bonne base de départ.

J'aime aussi bien l'exemple d'introduction. Mais n'aurait-on pas intérêt à rédiger cela sous forme de questions, pour avoir petit à petit des séries d'activités ?

Comme dit Anaïs : plutôt des fiches de synthèse. Mais tu as raison : il faudrait penser à l'exemple introductif comme une réponse à une activité. Autrement dit, ce serait bien de rédiger une activité dont la synthèse est l'exemple introductif (si possible).

*Ou de faire un atome qui lie ces deux notions.*

Oui.

*Pourquoi ne pas parler des nombres réels dans la définition ?*

Je ne sais pas si ce vocabulaire existe dans les nouveaux programmes.

*Dans cette définition, je dirai plutôt :*

*Sur une droite graduée (ou axe), où à chaque point est associé un nombre, et réciproquement, un intervalle correspond à une partie...(la suite idem)*

*Peut-être éventuellement de rappeler la définition de la droite graduée.*

*Je dirais que l'on distingue deux grandes catégories d'intervalles : les intervalles bornés (4 types) et les intervalles non bornés (5 types) et de mettre l'intervalle  $]-\infty; +\infty[$  dans le tableau.*

OK.