

Rapport de recherche 2008-2009

Intégration des calculatrices dans l'enseignement
des mathématiques : nouvelle étape technologique,
nouvelles formes d'intégration, nouveau type
d'expérimentation

Gilles Aldon - Hussein Sabra

Octobre 2009



Intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques : nouvelle étape technologique, nouvelles formes d'intégration, nouveau type d'expérimentation

Luc Trouche, le 14 octobre 2009

L'expérimentation dont il est question dans ce rapport prend place dans le fil d'une longue histoire de recherches, nationales et internationales, sur l'intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques (Guin et Trouche 2002). Ces recherches ont bien mis en évidence la complexité des processus en jeu, pour les professeurs, pour les élèves, et pour l'institution elle-même. Une revue de ces recherches (Sabra et Trouche 2009) montre une évolution certaine vers une réflexion sur les ressources nécessaires à cette intégration, et sur les formes collectives (entre élèves et entre professeurs) qui peuvent soutenir le développement de ces ressources.

L'expérimentation qui nous est présentée ici se situe bien dans ce courant. Elle est cependant novatrice de deux points de vue :

- du point de vue de la technologie expérimentée. Il s'agit d'un logiciel qui peut être exploité indifféremment avec une calculatrice, ou un ordinateur (figure 1), les deux types de supports pouvant être interconnectés très facilement, ce qui permet des jeux multiples entre des configurations « nomades » et des configurations fixes. On retrouve alors, sur la calculatrice, les fonctionnalités de base d'un ordinateur, c'est-à-dire une structure de gestion de fichiers. On a donc là une technologie bien adaptée aux questions actuelles¹, centrées sur les ressources et leur conception collaborative (Figure 1.1) ;

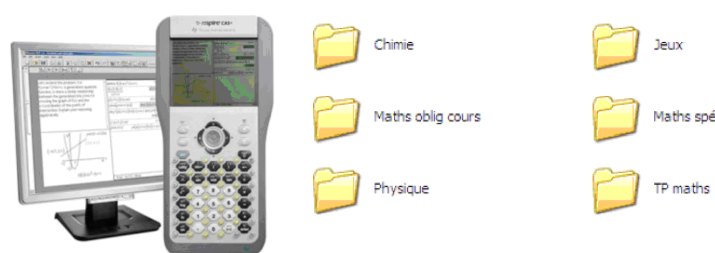


FIG. 1 – Un duo calculatrice-ordinateur, qui permet la gestion et l'échange de documents (à droite, la structure des répertoires d'un élève)

- du point de vue des conditions de l'intégration de cette technologie. Les expérimentations de nouveaux outils dans l'enseignement des mathématiques ont été souvent le fait d'enseignants pionniers, elles se sont

¹Cette correspondance entre évolution technologique et recherches émergentes n'est évidemment pas fortuite, tant les influences réciproques entre nouveaux media et nouvelles questions sont fortes, dans la société en général, et dans la partie de la société qui est la plus sensible à l'information et à la communication : l'école.

souvent déroulées dans des conditions exceptionnelles (enseignants et élèves très motivés ; classes isolées ; temps de suivi assez bref). Tout espoir de généralisation des résultats était alors assez vain, tant l'écart entre ces circonstances particulières et les circonstances ordinaires de l'enseignement était grand. Les conditions de cette expérimentation se distinguent donc fortement : ce sont toutes les classes scientifiques (Premières et Terminales) d'un même lycée qui ont été équipées de cette technologie². Les dix professeurs impliqués ont en commun d'avoir accepté de relever ce défi, mais leur connaissance de la technologie est très variable, comme le sont leurs expériences antérieures d'exploitation des calculatrices dans leurs propres classes.

Cette expérimentation a donc rencontré, pendant l'année scolaire 2008-2009, toutes les questions ordinaires qui se posent à l'enseignement des mathématiques dans les sections scientifiques des lycées : questions de conception de ressources individuelles ou communes (pour les cours, les travaux pratiques, les évaluations) et questions d'orchestration des situations mathématiques dans des environnements complexes. Dans le cas des classes de Terminale, il a fallu aborder de surcroît l'intégration de ce nouvel environnement technologique pour la préparation du baccalauréat, en particulier de l'épreuve pratique dans laquelle la technologie joue un rôle majeur.

Cette expérimentation n'aurait pas pu avoir lieu sans l'équipe de recherche e-CoLab³, qui a, depuis deux ans, étudié les premières versions de cette technologie, en a mis à jour les potentialités et les contraintes et, au vu des usages dans les classes, a proposé les révisions qui semblaient nécessaires pour le travail mathématique des élèves et des professeurs (Aldon et al. 2008, 2009). Elle n'aurait pas pu avoir lieu, bien sûr, sans l'investissement des professeurs concernés au lycée Clemenceau de Montpellier. Ils n'ont pas ménagé leur peine, malgré l'incertitude de l'aventure, persuadés que la réflexion sur l'intégration de ce nouvel outil ne serait pas une perte de temps, mais se traduirait par une compréhension plus profonde des processus d'apprentissage et d'enseignement des mathématiques. Nous voudrions ici les remercier vivement d'avoir accepté, malgré la complexité du travail qu'ils avaient engagé, la présence de chercheurs dans leurs réunions et leurs classes. Merci en particulier au coordonnateur de l'équipe et aux deux professeurs qui ont été l'objet d'un suivi plus attentif, et ont bien voulu répondre à nos questionnaires et nous accorder des entretiens réguliers.

Les deux auteurs de ce rapport ont un point commun : ils sont engagés

²L'expérimentation a été réalisée sur la base d'un accord entre l'Inspection Générale de l'Éducation Nationale (groupe des mathématiques) et la société Texas Instruments. L'INRP s'est engagé à suivre cette expérimentation en la perturbant le moins possible, pour ne pas aller à l'encontre des conditions ordinaires de cette intégration technologique.

³e-CoLab pour « Expérimentation Collaborative de Laboratoires mathématiques », partenariat entre l'INRP et les IREM de Lyon, Montpellier et Paris, convention avec Texas Instruments

dans une thèse en didactique des mathématiques, et j'ai le plaisir - et le vif intérêt - de diriger leur travail de recherche. Ils ont aussi bien des différences :

- Gilles Aldon est déjà un chercheur expérimenté ; responsable de l'équipe e-CoLab, il est l'auteur de nombreuses publications (articles, ouvrages) sur les conditions du travail mathématique des élèves (calcul formel, résolution de problèmes) ;
- Hussein Sabra réalise cette thèse dans le fil de ses études universitaires. Son implication dans la recherche sur l'enseignement des mathématiques et des TICE est donc récente, mais il a acquis rapidement une bonne connaissance de ce domaine, de ses questions et de ses enjeux, comme en témoignent ses premières publications.

G. Aldon et H. Sabra ont suivi l'expérimentation du lycée Clemenceau avec des points de vue complémentaires :

- pour le premier, le regard sur ce qui se passe dans la classe, comment l'action conjointe du professeur et des élèves, leurs interactions avec l'environnement technologique, contribue à l'avancée du projet d'enseignement ;
- pour le deuxième, le regard sur le travail documentaire (Gueudet et Trouche 2009) des professeurs, comment chaque professeur construit, par et pour lui-même, par et pour les autres, les ressources de son activité.

Il faut souligner sans doute le soin apporté à la construction d'une méthodologie d'analyse, permettant de suivre, dans la durée et en profondeur, les processus d'apprentissage et d'enseignement. Les outils d'analyse sont divers (questionnaires, entretiens, observations dans les classes, analyse de travaux d'élèves, suivi de l'évolution des ressources des enseignants), novateurs (en particulier le suivi du contenu des calculatrices), bien adaptés aux objectifs visés, et bien articulés entre eux. La diversité des points de vue des deux chercheurs a sans doute été très productive pour ce développement méthodologique. Là aussi, le travail collectif a porté ses fruits. . .

Notons enfin le caractère très clair de la présentation des résultats de cette recherche. L'organisation du rapport autour d'un tableau synthétique mettant en évidence les principaux résultats, en tirant des conclusions et des recommandations - prudentes⁴- mettant ces résultats en relation avec les données qui les ont produits, est très commode pour le lecteur. Ces résultats questionnent les conditions de formation des maîtres, leurs conditions de travail, les programmes scolaires qui structurent l'enseignement, plus généralement les ressources manquantes pour la profession et enfin les dimensions collectives du développement professionnel. On voit bien ici que, dans l'enseignement, les questions technologiques sont d'emblée des questions di-

⁴Bien sûr, les résultats de cette recherche sont liés aux conditions de l'expérimentation. En extraire des leçons doit être fait avec beaucoup de prudence, ce que font bien les auteurs de ce rapport.

dactiques et institutionnelles.

Ce rapport sera donc certainement très utile pour les acteurs concernés par l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques et les recommandations pourront être utiles à tous les acteurs, professeurs, formateurs, constructeurs de matériel, responsables institutionnels, chercheurs. Il est ainsi conforme à la vocation de l'INRP, qui veut développer ses actions au service de la recherche, de la formation et de l'expertise pour éclairer les politiques éducatives.

Comme toute recherche, celle-ci rebondit sur de nouvelles questions qui appellent d'autres éclairages. De nouveaux chantiers sont déjà ouverts : un projet européen Comenius⁵, qui démarre en octobre 2009, et un projet de publication internationale⁶.

Histoire à suivre donc...

⁵Projet EdUatics, porté par l'Université de Chichester (UK), consacré à la conception de modèles de ressources pour l'intégration des technologies en mathématiques (partenaires français : l'INRP et les IREM de Montpellier et Paris).

⁶Handheld technology in the mathematics classroom - theory and practice, numéro spécial de Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, projet coordonné par C. Bardini, P. Drijvers et Hans-Georg Weigand, rédaction en cours, publication prévue en 2011.

Table des matières

1	Introduction	11
2	Contexte	13
2.1	Le lycée Clemenceau	13
2.2	La technologie	14
2.3	Les élèves	14
2.4	Conditions institutionnelles du travail des enseignants	16
2.5	Positionnement	16
3	Synthèse	19
3.1	Question 1	20
3.2	Question 2	22
3.3	Question 3	25
3.4	Question 4	28
3.5	Question 5	29
3.6	Question 6	31
3.7	Question 7	33
4	Méthodologie	35
4.1	Questions de recherche	35
4.2	Paramètres pris en compte dans la méthodologie	37
4.3	Les outils méthodologiques conçus	38
4.3.1	Questionnaires professeurs	38
4.3.2	Journal de bord	39
4.3.3	Petit Agenda de Suivi (PAS)	39
4.3.4	Questionnaire Baromètre Mensuel (QBM)	39
4.3.5	Observations de classe	40
4.3.6	Entretiens à domicile	41
4.3.7	Représentations Schématiques	41
4.3.8	Recueil de ressources individuelles et collectives	42
4.3.9	Suivi des contenus des calculatrices	42
4.3.10	Questionnaires élèves	42
4.4	Mise en œuvre de la méthodologie	42

4.4.1	La méthodologie projetée	43
4.4.2	La méthodologie modifiée et réajustée	43
5	Analyse des données	47
5.1	Solution duale	47
5.1.1	Analyse	47
5.1.2	Éléments de conclusion	49
5.2	Utilisation pédagogique	51
5.2.1	Analyse	51
5.2.2	Éléments de conclusion	55
5.3	Intégration de la calculatrice	57
5.3.1	Analyse du contenu des calculatrices	57
5.3.2	Questionnaires élèves	59
5.3.3	Entretiens	65
5.3.4	Éléments de conclusion	65
5.4	Changements de pratiques	67
5.4.1	Analyse	67
5.4.2	Éléments de conclusion	69
5.5	Evolution des pratiques	70
5.5.1	Après quelques mois du début de l'expérimentation (décembre - janvier)	70
5.5.2	Au mois de février	72
5.5.3	Au mois de mars	73
5.5.4	Avril et mai : l'épreuve pratique expérimentale	74
5.5.5	Juin et juillet : fin de l'expérimentation	75
5.5.6	Synthèse de l'histoire de l'expérimentation	77
5.5.7	Éléments de conclusion	78
5.6	Ressources pédagogiques	80
5.6.1	Source de documentation	80
5.6.2	Évolution des formes de ressources construites	81
5.6.3	Evolution du contenu des ressources en lien avec la technologie Nspire	84
5.6.4	Éléments de conclusion	87
5.7	conditions de l'expérimentation	89
5.7.1	Réussites globales	89
5.7.2	Réussites locales	91
5.7.3	Echecs locaux	93
5.7.4	Echecs globaux	96
5.7.5	Éléments de conclusion	97
6	Conclusion	99
7	Bibliographie	103

8 Annexes	105
8.1 Annexe 1	106
8.2 Annexe2	112
8.3 Annexe 3	115
8.4 Annexe 4	117
8.5 Annexe 5	118
8.6 Annexe 6	126
8.7 Annexe 7	126
8.8 Annexe 8	135
8.9 Annexe 9	136
8.10 Annexe 10	137
8.11 Annexe 11	139

Chapitre 1

Introduction

Cette étude constitue un épisode des études et recherches faites autour de l'intégration des TICE dans l'enseignement et l'apprentissage de mathématiques. Nous nous sommes intéressés à cette intégration en pointant notre questionnement sur deux aspects complémentaires :

- les ressources pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, sur lesquelles prennent appui l'intégration de la technologie dans le travail des enseignants et des élèves ;
- le travail collectif des enseignants de mathématiques, ses conditions d'émergence et de développement, dans un cadre de rencontre avec un environnement technologique.

Cette entrée problématique est liée au développement rapide des environnements technologiques pour l'enseignement. Elle suscite actuellement un développement d'un ensemble de travaux de recherches théoriques et expérimentales.

L'intérêt porté sur les ressources dans l'activité d'un enseignant de mathématiques s'inscrit dans le cadre de l'approche documentaire du didactique (Gueudet et Trouche 2008) dans laquelle on distingue entre les ressources utilisées par un professeur et le document qu'il développe, à partir de ces ressources, pour réaliser un objectif d'enseignement. Le développement d'un document est lié au développement professionnel du professeur qui l'utilise. Le travail documentaire d'un enseignant consiste en la sélection des ressources, leurs transformations, leurs mises en œuvre, et leurs modifications en fonction de cette mise en œuvre. La sélection et la transformation d'une ressource par un enseignant se fait en fonction de l'existant à sa disposition : c'est pour cela qu'on parle d'un système de ressources pour un enseignant donné. Le système documentaire est formé de l'ensemble des documents développés par un professeur. Sa structure est liée à la structure des activités professionnelles du professeur.

Le présent rapport se compose de quatre parties :

- dans la première partie, nous présentons le contexte de l'expérimen-

tation : le lycée, les professeurs et les élèves ainsi que la technologie TI-Nspire ;

- la deuxième partie constitue une synthèse de ce travail, présentée en fonction des questions de recherche, mettant en évidence les résultats essentiels qui sont tirés de nos observations et des données recueillies, les conclusions qui sont des éléments de généralisation des nos résultats et des recommandations à destination de Texas instruments commanditaire de ce rapport, mais aussi à destination des institutions éducatives et des enseignants et formateurs ;
- dans la troisième partie nous présentons la méthodologie de notre recherche, sa structure et les outils de recueil de données construits pour valider nos hypothèses dans nos cadres théoriques ;
- dans la quatrième partie, nous présentons les analyses des données recueillies. Ces analyses sont présentées en fonction des questions de recherches ;
- Enfin la conclusion générale de ce travail de recherche et les perspectives.

Chapitre 2

Contexte de l'expérimentation

2.1 Le lycée Clemenceau

Le lycée Clemenceau est un lycée du centre de la ville de Montpellier ; il fait partie de la cité scolaire regroupant un collège et un lycée ; fondé en 1881 comme le premier lycée de jeunes filles de France, il devient lycée mixte en 1970 ; durant l'année scolaire 2008-2009, 1800 élèves, collégiens, lycéens et étudiants de BTS travaillent dans la cité scolaire.



La cour de l'internat en 1924
photo extraite du site du lycée
<http://193.55.147.27/presentation/historique>

Les indicateurs publiés par le ministère de l'Education Nationale placent le lycée Clemenceau dans la moyenne des lycées français¹.

L'expérimentation dans les classes scientifiques du lycée Clemenceau a été facilitée par Texas Instruments² et organisée par les enseignants de mathématiques des classes de premières et terminales scientifiques du lycée, avec l'accord et le soutien de l'administration du lycée et l'appui de l'inspection générale de mathématiques. Des réunions d'information ont été organisées par les professeurs à l'intention des parents d'élèves de ces classes. La quasi totalité des familles a ainsi adhéré à ce programme et l'ensemble des élèves des classes concernées a été équipé de calculatrices TI-Nspire-CAS³. Deux salles informatiques (dont une spécialement aménagée pour l'occasion) ont été équipées du logiciel TI-Nspire-CAS.

¹<http://indicateurs.education.gouv.fr/resultlyceeg.php?code=0340039H&annee=2008>

²Des prix ont été consentis aux familles pour l'achat d'une calculatrice TI-Nspire.

³Deux cent quatre vingt quatorze unités nomades livrées à tarif préférentiel par Texas Instruments (Compte-rendu du conseil d'enseignement, lycée Clemenceau, juin 09)

2.2 La technologie

La technologie Nspire est une nouvelle génération de calculatrices nomades et de logiciels compatibles, c'est-à-dire permettant de commencer un travail sur la calculatrice nomade, de le sauvegarder, de le transférer et de poursuivre le travail sur ordinateur. C'est cette potentialité que nous appellerons dans ce rapport *la solution duale*. Les possibilités de sauvegarde et d'organisation des données dans la calculatrice sur le modèle de l'arborescence d'un ordinateur confèrent en outre à cette calculatrice des propriétés d'un document numérique mis à disposition des élèves. Les logiciels présents recouvrent la majeure partie des logiciels utilisés dans la classe de mathématiques : calcul formel et approché, tableur, géométrie dynamique, grapheur. Toutes ces applications communiquent entre elles ; cette potentialité, facilitant la multi-représentation a été étudiée par Arzarello & Robutti, (2008). La calculatrice inclut également des possibilités de programmation permettant, notamment, d'élargir les bibliothèques de fonctions disponibles.

Enfin, l'écran de toute calculatrice nomade peut être rétroprojetée en utilisant une tablette branchée sur la machine.

Le logiciel permet quant à lui de simuler la calculatrice sur ordinateur.

L'ensemble de ces potentialités sera nommé la technologie Nspire dans la suite de ce rapport. Avec toutes ces potentialités, la prise en main de la technologie par les élèves, comme par les enseignants semble être un processus complexe. L'instrument est le résultat d'un processus long de genèse instrumentale (Rabardel 1995) pendant lequel l'artefact se transforme en instrument par un double mouvement présenté par Trouche (2005) comme suit :

- l'instrumentalisation est un processus de personnalisation de l'artefact, c'est donc un processus de différenciation des artefacts, par lequel chaque usager met cet artefact à sa main (p. 275) ;
- l'instrumentation, c'est donc ce processus par lequel les contraintes et les potentialités d'un artefact vont conditionner durablement l'action d'un sujet pour résoudre un problème donné (p. 274).

2.3 Les élèves

Le premier questionnaire-élève (cf. partie III, 3.9) essentiellement rempli par des élèves de terminale, montrent que la population interrogée est majoritairement à l'âge normal, voire en avance⁴ :

⁴Source : Ministère de l'éducation nationale, (2009) *repères et références statistiques sur les enseignements, la formation et la recherche*, <http://www.education.gouv.fr/pid316/reperes-et-references-statistiques.html>

	Termnales lycée Clemenceau ayant répondu au question- naire)	répartition nationale 2008- 2009
16 ans	7,6%	3,8%
17 ans	75,9%	56,2%
18 ans	15,2%	28,3%
19 ans	1,3%	11,7%

TAB. 2.1 – Comparaison des ages des élèves de terminale du lycée Clemenceau et national

Il ressort clairement de ce questionnaire que ces élèves ont une vision très scolaire des mathématiques, discipline de sélection (53/85)⁵ et si le raisonnement arrive nettement en tête dans l'opinion qu'ils ont de l'activité mathématique (54/85) et que les mathématiques sont majoritairement déclarées comme utiles dans la vie quotidienne (69/85), les applications citées relèvent toutes de l'arithmétique élémentaire ou de la géométrie et tournent essentiellement autour de la gestion et de la comptabilité pour l'arithmétique ou des travaux de bricolage ou de construction pour la géométrie.

En particulier, aucune application des mathématiques aux technologies n'est citée et seulement deux réponses proposent des applications à la physique.

En ce qui concerne la technologie, les élèves interrogés possèdent et peuvent utiliser un ordinateur à la maison et en sont des utilisateurs quotidiens, essentiellement pour la communication. Dans leur travail scolaire, ils se servent essentiellement de leurs ordinateurs pour effectuer des recherches sur internet dans le cadre de préparation d'exposés ou de dissertations. Les logiciels de mathématiques (géométrie dynamique, calcul formel) ne sont pas ou peu connus (77/85 ne connaissent pas Derive, 56/85 ne connaissent pas Cabri). Par ailleurs, les élèves se déclarent utilisateurs des technologies et considèrent qu'il est nécessaire de maîtriser la technologie (84/86) mais la maîtrise s'arrête à l'utilisation : 49/85 pensent qu'il est plus important de

⁵85 élèves ont répondu au premier questionnaire.

savoir l'utiliser plutôt que d'en comprendre le fonctionnement.

2.4 Conditions institutionnelles du travail des enseignants

La société Texas Instruments a proposé l'équipement des élèves des classes scientifiques du lycée à des conditions très avantageuses et apporté une aide technique pour l'utilisation de ce matériel. L'inspection générale de mathématiques a apporté son soutien à l'élaboration du projet et la direction de l'établissement a facilité sa mise en place. C'est dans ces conditions que les professeurs, sous l'impulsion d'un d'entre eux, nommé Jean dans la suite de ce rapport, ont accepté de participer à cette expérimentation à large échelle et ont organisé le travail dans leurs classes. Des sessions de formation à l'utilisation de la calculatrice et à ses applications dans le cours de mathématiques ont été organisées dans le lycée par Jean. Il est resté, tout au long de l'année, la personne référente au sein de l'équipe des professeurs tant pour les conseils techniques que pour l'organisation du travail et des échanges entre professeurs. En particulier, il a été un élément essentiel dans l'organisation au sein du lycée de l'épreuve pratique de mathématiques au baccalauréat dont il sera fait largement état dans ce rapport, ayant été, tout au long de l'année un élément fondamental de l'intégration de la technologie.

2.5 Positionnement des enseignants, les enseignants et l'utilisation de la technologie

Nous présentons le positionnement des enseignants à partir de leurs réponses à un questionnaire (questionnaire 0). Dix enseignants ont été concernés par l'expérimentation. Les questions portaient sur :

- le nombre d'année d'enseignement ;
- l'utilisation de la technologie pour des besoins extra-professionnels, ainsi que pour la préparation des cours et l'utilisation en classe ;
- le rôle de la technologie dans leur travail d'enseignement ;
- les modalités des réunions et rencontre entre les enseignants ;
- les échanges (d'idées et de ressources) entre les enseignants.

Nous avons eu huit retours à ce questionnaire.

Les enseignants du lycée Clemenceau ont une longue expérience professionnelle (minimum 19 ans, maximum 36 ans) avec une moyenne de 28 années d'enseignement. Les enseignants de mathématiques ont entre six et dix neuf ans d'ancienneté dans l'établissement, ce qui constitue une longue période dans cet établissement en regard de l'ancienneté des enseignants et montre une grande stabilité de l'équipe. Les enseignants utilisent la technologie pour des besoins extra-professionnels : messagerie, Internet et logiciel de traite-

ment de texte, mais avec des fréquences différentes : rarement pour certains, d'autres d'une façon plus régulière et pour quelques uns, une utilisation quotidienne. En ce qui concerne l'utilisation de la technologie dans leur travail d'enseignement, la majorité des enseignants ont une faible utilisation de la technologie dans la préparation de leurs cours (Tableau 2.2).

Oui	Peu	Non
3	2	3

TAB. 2.2 – de la technologie pour la préparation de cours

Pour les enseignants qui utilisent la technologie pour la préparation du cours, les outils technologiques et la fréquence de leur utilisation varient de l'un à l'autre :

E1 : Word, Cabri (avant NSpire)...assez peu souvent depuis 10 ans ;

E2 : Calculatrices depuis 32 ans ;

E3 : Traitement de texte et tableur pour les cours.

En ce qui concerne l'utilisation de la technologie en classe, elle ne dépasse pas l'utilisation simple du tableur, et des calculatrices pour quelques uns, plus particulièrement les calculatrices graphiques.

Le rôle de la technologie dans leur travail d'enseignement, pour les uns est « modeste » et pour les autres sert à élaborer des conjectures, ou joue un rôle de vérification :

Un rôle d'investigation pour émettre des conjectures, un rôle de vérification " ; " Outil de conjecture et de contrôle ;

Aide importante pour les conjectures et la vérification de vraisemblance des réponses (pour les élèves)... ;

Logiciels mathématiques et calculatrices : aide à la découverte d'une notion, à l'apprentissage, à l'anticipation, à la découverte de conjectures, à leur test,...

Dans ces réponses, deux enseignants ont noté un rôle de la technologie dans leur travail de conception de ressources :

aide à l'élaboration conjointe de ressources diverses et à leur partage ;

clarté des fiches fournies aux élèves (cours et exercices).

Les réunions entre les enseignants du lycée sont presque exclusivement des réunions institutionnelles (conseils d'enseignement, conseils de classe, ...). Les rencontres, en général, sont des rencontres occasionnelles entre les enseignants peu institutionnalisées et plutôt informelles :

Peu nombreux ; Peu souvent ; Non ; oui, surtout des échanges informels, avec les collègues enseignant dans les mêmes classes que moi ; Pas d'échange véritable pour la préparation des cours... .

Par contre, dès le début de l'année les échanges se sont intensifiés à l'occasion des formations internes au lycée organisées autour de la technologie Nspire et liées à la préparation de l'épreuve pratique de mathématiques :

Les échanges se limitent à des productions dans le cadre de TI-Nspire et se font par mel ;

surtout des échanges informels, avec les collègues enseignant dans les mêmes classes que moi ; et envoi par mel des TP de TI-nspire réalisés ;

par mel ou papier, malheureusement parfois à sens unique avec certains collègues.

Jean, le coordinateur de mathématiques au Lycée Clemenceau est un expert de TI-Nspire, il a fait partie d'une équipe de recherche pour les premières expérimentations de la calculatrice ainsi que pour la conception de ressources adaptées à cette technologie. C'est lui qui a piloté et animé les stages de formation interne au Lycée : ces formations avaient comme objectifs d'apprendre le fonctionnement de la calculatrice et du logiciel et par ailleurs, de proposer et discuter des utilisations de ces outils dans le cadre de la classe de mathématiques.

Pour synthétiser le positionnement du groupe des enseignants expérimentateurs au lycée Clemenceau :

- ce sont des enseignants qui ont une longue expérience d'enseignement ;
- ils ont une faible intégration de la technologie dans leur enseignement, à l'exception de Jean ;
- les réunions et rencontres entre collègues sont occasionnelles et essentiellement pour des obligations institutionnelles, ce qui induit naturellement des échanges et mutualisation (des idées, de ressources et d'expériences) faibles entre les enseignants.

Chapitre 3

Résultats essentiels synthétisés

Dans cette partie, nous présentons une synthèse des résultats. Nous précisons dans des tableaux, s'inspirant du rapport Clark-Wilson (2008) : les résultats essentiels, leurs positions dans le rapport, les conclusions et les recommandations en fonction des conclusions, pour des recherches ultérieures ou à visée plus pratique, proposant des améliorations pour une meilleure intégration de la calculatrice TI-Nspire dans la classe de mathématiques.

3.1 Q1. Est ce que les enseignants trouvent un intérêt à la solution duale? Si oui, lesquels ?

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
L'intérêt que peut susciter cette solution duale demande des modifications importantes dans les habitudes d'enseignement qui ne pourraient être observés que sur un temps long.	§V.Q1, page 48		
La calculatrice et le logiciel ont été utilisés par les enseignants sans véritablement faire le lien de l'un à l'autre.	§V.Q1, page 48	Il apparaît de notre étude qu'un obstacle à l'utilisation de la dualité et de la complémentarité Calculatrice/logiciel provient d'un écart trop important de cette solution avec les pratiques habituelles.	Prise en compte dans les ressources d'usages associés de la calculatrice et du logiciel.

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
<p>Les élèves dans cette expérimentation ne disposaient que de la version essai du logiciel et se sont servis du logiciel dans les TP en salle informatique sans incitation particulière à un prolongement. La solution duale ne peut apporter des bénéfices en termes d'enseignement et d'apprentissage que dans la mesure où les enseignants prévoient des travaux utilisant les deux supports et articulent les recherches expérimentales et les institutionnalisations en travaux dirigés et en cours.</p>	§V.Q1, page 47	<p>L'incitation des enseignants à prolonger le travail fait en salle informatique sur ordinateur par un travail en classe ou à la maison avec la calculatrice et les références aux résultats expérimentaux dans les institutionnalisations des connaissances sont des éléments fondamentaux permettant de favoriser la solution duale.</p>	<p>Description de scénarios permettant en compte un travail en salle informatique prolongé par un travail en classe ou à la maison avec la calculatrice.</p>

3.2 Q2. Quelle utilisation pédagogique est mise en place par les enseignants ?

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
Le phénomène d'intégration est long et se heurte aux conceptions dominantes des enseignants sur l'enseignement des mathématiques et, notamment, sur la place des TICE dans cet enseignement.	§V.Q2, page 51	Une incitation à une démarche plus expérimentale des mathématiques ne peut se concevoir sans des apports (formation, publication) pour en montrer les bénéfices, les limites et les articulations avec la construction de connaissances.	La nécessité d'un accompagnement des professeurs par un expert, en particulier dans les phases de prise en main de la technologie par les enseignants : <ul style="list-style-type: none"> – pour la construction de ressources adaptées; – pour la conception de scénarios d'usages pertinents en classe.

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
L'étude montre fortement la difficulté à gérer le passage de la dimension expérimentale utilisant la technologie Nspire à une institutionnalisation des connaissances. Les incidents dans la classe sont des freins à l'intégration de la technologie.	§V.Q2, page 52	Exploiter des résultats expérimentaux obtenus avec la TI-Nspire implique de prendre en considération les différentes approches individuelles et d'en faire émerger les connaissances à institutionnaliser. Cette démarche peut entrer en conflit avec une conception de l'enseignement des mathématiques s'appuyant essentiellement sur des démarches de preuve.	Importance de formations axées sur l'articulation entre les usages de la technologie et les apprentissages.

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
<p>L'intégration de la TI-Nspire ne se fait pas de façon linéaire : d'une part, les séances construites pour utiliser la machine se juxtaposent à des séances qui s'inscrivent dans la continuité des pratiques d'enseignement, d'autre part, dans les séances construites spécifiquement pour l'utilisation de la machine, une articulation entre les résultats expérimentaux fournis par la machine et les résultats mathématiques institutionnalisés est souvent artificielle.</p> <p>Le rôle de la technologie Nspire assigné par les enseignants dans les processus d'apprentissages porte a priori plutôt sur l'élaboration de conjectures et la validation des réponses.</p>	§V.Q2, pages 51, 52	<p>L'activité instrumentale des élèves et des enseignants se construit conjointement pour peu que l'organisation pédagogique ait été pensée pour rendre possible cette construction.</p>	<p>Diffusion de pratiques permettant cette construction conjointe, notamment à travers les stages de formations et les rencontres entre professeurs.</p>
<p>Le rôle de la technologie Nspire assigné par les enseignants dans les processus d'apprentissages porte a priori plutôt sur l'élaboration de conjectures et la validation des réponses.</p>	§V.Q2, page 52	<p>La technologie TI-Nspire, dans son originalité inclut une dimension documentaire (organiser des ressources, les échanger, les transformer, les créer) qui doit d'une part être mise en évidence, et d'autre part étudiée pour en comprendre les effets sur le travail des professeurs et des élèves.</p>	<p>Une recherche pour mettre en évidence ces dimensions et les relier à des ressources pour les professeurs et les élèves pourrait prolonger ce travail.</p>

3.3 Q3. Evaluer, du point de vue des élèves, la réussite de l'intégration, de la prise en main de la calculatrice et du logiciel, de la place de la technologie Nspire dans les apprentissages.

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
Facilité de prise en main et d'utilisation. Les élèves prennent en main et utilisent la calculatrice et le logiciel et s'en servent dans leur travail en classe et hors la classe.	8V.Q3.2, page 59	Il s'agit d'un résultat fortement attesté par les observations de cette étude : la technologie Nspire est facile d'accès, même si l'accompagnement initial par les enseignants est nécessaire.	

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
<p>Utilisation de la calculatrice par les élèves suivant des modes différents :</p> <ul style="list-style-type: none"> - calculatrice comme cahier de brouillon - calculatrice comme répertoire de notes - calculatrice comme lieu de stockage et de mémoire - calculatrice comme lieu d'expérience et de simulation <p>Dans les déclarations des élèves, les liens entre les apprentissages des mathématiques et l'usage de la calculatrice apparaissent fortement.</p>	§V.Q3.1, pages 57	<p>L'usage le plus fréquent de la calculatrice conduit souvent à une utilisation comme cahier de brouillon et comme répertoire de notes.</p> <p>Les liens entre les apprentissages et les usages de la calculatrice existent pour peu que les enseignants les prennent en compte notamment dans les phases d'institutionnalisation.</p>	<p>Prendre en compte cette dimension dans l'ergonomie de la calculatrice. L'organisation des données viendrait en deuxième temps après une utilisation rapide pour effectuer une action immédiatement interprétable.</p> <p>En terme de recherche, une étude approfondie des usages des professeurs et des élèves en lien avec la construction des documents et les apprentissages effectifs pourrait prolonger ce travail.</p>
<p>Evolution des usages de la calculatrice pour la compréhension des notions mathématiques du programme.</p>	§V.Q3, page 61		<p>C'est sûrement un des aspects à retravailler pour prolonger cette étude : comment aider les enseignants à repérer les éléments institutionnalisables dans une situation de TD avec la calculatrice ?</p>

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
Le développement instrumental ne se fait pas de façon linéaire, mais des phases de repli surviennent lorsque les rétroactions ne sont pas comprises par les élèves et les enseignants.	8V.Q3, pages 61, 65		Il serait sans doute intéressant de développer des exemples montrant des rétroactions du logiciel a priori surprenantes mais qui pourraient être expliquées à la fois d'un point de vue mathématique et algorithmique.

3.4 Q4. Quelles sont les changements de pratique qu'amène cette expérimentation pour les enseignants impliqués ? Quels sont les facteurs de cette évolution ?

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
<p>Les facteurs de changement dans les pratiques d'enseignement sont multiples mais il apparaît très clairement dans cette étude que l'incitation institutionnelle est un moteur puissant de ces changements. Les calculatrices viennent en appui et les ressources d'aide et d'accompagnement sont nécessaires pour appuyer les changements.</p> <p>Prise en compte d'une dimension expérimentale des mathématiques, même si les observations montrent une séparation nette entre dimension expérimentale et approche théorique.</p> <p>Evolution des interactions entre les collègues dues à l'expérimentation.</p>	§V.Q4, page 67	<p>Les incitations institutionnelles sont des moteurs fondamentaux des évolutions de l'enseignement.</p> <p>Un développement d'usage des TIC dans le travail personnel est prolongé dans le travail d'enseignement.</p>	<p>La diffusion de pratiques en lien avec les usages des calculatrices peut inciter aux changements, mais cette diffusion ne peut se faire sans un accompagnement prenant en compte les évolutions dans les pratiques professionnelles des enseignants.</p>
<p>Prise en compte d'une dimension expérimentale des mathématiques, même si les observations montrent une séparation nette entre dimension expérimentale et approche théorique.</p> <p>Evolution des interactions entre les collègues dues à l'expérimentation.</p>	§V.Q4, page 67	<p>L'introduction de la technologie Nspire est un facteur favorisant des transformations de pratique mais n'en est pas la cause unique.</p>	<p>La technologie constitue un appui à l'évolution des pratiques qui doit être accompagnée par la formation.</p>

3.5 Q5. Quelle est l'histoire de cette expérimentation du point de vue de l'évolution des pratiques collectives ainsi que du développement, éventuel, du travail de conception de ressources (individuel et collectif) ?

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
La seule présence des calculatrices et l'acceptation de l'expérimentation ne sont pas des conditions suffisantes à l'émergence d'un travail collectif qui est parfois perçu comme un travail supplémentaire à effectuer.	§V.Q5.3, page 73 §V.Q5.4, page 74	L'évolution vers un réel travail collectif ne va pas de soi et même dans une situation parfois déstabilisante pour les professeurs, le travail collectif n'émerge qu'assez peu ; un projet commun accepté par tous est cependant un élément facilitateur de l'émergence d'un travail collectif.	Mise en évidence de la nécessité des constructions collectives par un encouragement institutionnel pouvant aller vers une reconnaissance de la nécessité d'un temps spécifique à ce travail.

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
La grande originalité de la technologie Nspire peut être un frein à son intégration, surtout pour des enseignants pour lesquels les TICE n'entrent pas fortement dans les habitudes professionnelles. Cette expérimentation suppose un saut « brusque » au niveau des pratiques des enseignants.	8V.Q5.1, pages 72	La présence d'un accompagnement professionnel peut optimiser le temps de la prise en main de la technologie. Cet accompagnement peut être interne (entre les enseignants d'un même lycée) ou externe (par des experts).	Des modifications de l'ergonomie de la calculatrice permettant une première prise en main plus proche d'une calculatrice « ordinaire » (numérique, graphique ou symbolique) pourraient sans doute faciliter le saut et l'intégration future des potentialités innovantes de la machine.

3.6 Q6. Quelles ressources pédagogiques sont utilisées par les enseignants et par les élèves ? Quelle est l'évolution des sources de documentation des professeurs ?

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
<p>Il apparaît très clairement que la genèse documentaire est un phénomène long qui doit prendre appui sur les habitudes et la documentation initiales. Les évolutions apparaissent pourvu que les modifications apportent des solutions à des problèmes auxquels se confrontent les enseignants ; l'exemple des fiches techniques (fiches distribuées aux élèves pour donner des explications sur le fonctionnement instrumental) qui lorsqu'elles sont pensées avec une connaissance suffisante des outils permettent de prévoir les difficultés que les élèves pourraient rencontrer en est une bonne illustration.</p>	<p>§V.Q6.1, pages 80, 80</p>	<p>Les ressources utilisées par les enseignants sont construites sur leurs expériences préalables et le processus d'évolution est certain mais long.</p>	<p>Nécessité de prendre en compte ce phénomène et de s'appuyer sur les sources de documentation habituelles des enseignants pour faire évoluer ses propres documents.</p>

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
Evolution de la forme des ressources construites par les enseignants au cours du temps. Cette évolution est liée fortement à l'engagement dans l'expérimentation.	§IV.Q6.2, page 81	La direction suivant laquelle évolue la forme des ressources construites par un enseignant est liée à ses habitudes professionnelles d'enseignement et évolue en continuité.	Prise en compte dans l'analyse des ressources de l'écart entre les habitudes et le souhaitable.
Les enseignants séparent les parties théoriques et partie expérimentales des ressources qu'ils construisent, sans qu'il y ait une articulation claire entre les deux parties	§IV.Q6.3, page 84	La conception des ressources adaptées à un outil technologique reste toujours liée aux pratiques d'enseignement établies et rentre parfois en conflit avec les incitations institutionnelles.	Prise en compte dans la construction des ressources de Travaux Pratiques s'appuyant sur les évaluations finales mais construites avec une perspective d'intégration de la technologie et d'allers retours entre l'expérience et la théorie.

3.7 Q7. Dans quelles conditions (pédagogiques, organisationnelles, didactiques, ...) se déroule cette expérimentation ? Quels sont les facteurs de cette organisation qui permettent de comprendre les succès ou les échecs, locaux ou globaux, de l'intégration de la technologie Nspire ?

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
Utilisation fréquente en Terminale de la technologie Nspire en salle informatique et dans la classe ordinaire, permettant une bonne exploitation dans le cadre des Travaux Pratiques. Les observations montrent une bonne maîtrise de l'outil par les élèves dans le cadre de Travaux Pratiques et notamment dans l'épreuve pratique de mathématiques.	8V.Q7.2, page 91	Une année d'utilisation accompagnée par des organisations pédagogiques adaptées débouche sur une maîtrise des outils suffisante pour un travail en autonomie.	

Résultat	Position dans le rapport	Conclusion	Recommandations
Opinions très favorables des élèves vis à vis de la technologie. Les élèves se sont appropriés la technologie et les différentes observations ou entretiens montrent bien la prise de conscience, par les élèves, de l'originalité et des potentialités de la calculatrice, dans le travail mathématique ordinaire.	§V.Q7.2, page 91	La technologie apparaît comme une aide aux apprentissages.	
L'étude des incidents liés au fonctionnement de la machine montre que la gestion des rétroactions demande des compétences qui croisent les compétences instrumentales et mathématiques. L'engagement faible des enseignants a des causes multiples mais la distance entre ce que l'on pense que la technologie peut faire et ses potentialités réelles en est sans doute une cause importante.	§V.Q7.3, page 93 §V.Q7.4, page 96	Les rétroactions de la machine demandent, pour être source d'apprentissage des connaissances importantes du fonctionnement de la technologie. Les conceptions dominantes des mathématiques et du rôle de la technologie sont des freins importants à l'intégration de la technologie.	Un travail spécifique sur l'étude de tels incidents pourrait prendre place dans la construction de ressources pour les enseignants.

Chapitre 4

Méthodologie

4.1 Questions de recherche

Dans le contexte que nous avons présenté (cf. partie I), nous avons conçu une méthodologie pour tenter d'apporter des réponses aux questions de recherche que nous avons élaborées en prenant en compte les demandes de Texas Instruments et les attentes institutionnelles. Notre parti pris essentiel a été d'être des observateurs les plus discrets possible, n'intervenant pas pour approuver, ou critiquer les choix, individuels ou collectifs, des professeurs, comme nous l'expliquions collectivement aux enseignants concernés (lettre ci-dessous).

Montpellier, le 24 novembre 2008

Chères, chers collègues,

Comme convenu, nous vous envoyons un descriptif de notre projet de suivi de l'intégration des calculatrices TI dans vos classes. Ce projet se fait dans le cadre d'une convention avec TI, c'est-à-dire que le questionnement a été établi en relation avec TI, mais c'est un projet de recherche, sur le plan de ses méthodes, indépendant de TI.

Je suis responsable de l'équipe EducTice (Education et TICE) de l'INRP, Gilles est chargé d'étude et de recherche dans cette équipe ; de plus, comme Hussein, il a commencé une thèse concernant l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques dans des environnements complexes. C'est à ce titre que nous nous intéressons à votre expérience.

Nous connaissons la difficulté du travail des enseignants, difficulté qui s'accroît avec le développement d'environnements technologiques complexes. Notre objectif n'est pas de prouver que " ça marche ", mais de repérer les conditions de viabilité de ces environnements, les obstacles qu'ils renforcent, les ouvertures qu'ils suscitent, aussi bien dans la classe que dans les relations entre les professeurs concernés. Aussi voulons-nous être le plus discrets possibles dans notre " enquête " pour ne pas perturber votre organisation habituelle : il ne s'agit donc pas pour vous, bien sûr, de précipiter le processus d'intégration des machines dans vos classes, notre intérêt est précisément de suivre des processus " naturels ". Voilà le dispositif que nous voudrions mettre en place, pour assurer ce suivi, cette année, avec votre accord bien sûr : vous recevrez au cours de l'année trois questionnaires : un questionnaire 0 en novembre, pour nous permettre de situer l'équipe et son histoire ; un questionnaire 1 avant Noël et un questionnaire 2 à la fin de l'année pour relever les évolutions ; vos élèves recevront deux questionnaires à remplir en ligne (l'un en décembre, l'autre fin mai).

de janvier à mai, nous vous enverrons un mini-baromètre mensuel (avec seulement trois questions) pour suivre, avec plus de continuité, les processus d'intégration ;

enfin, nous ouvrons un forum (cf. PS de ce courrier) pour que vous puissiez poser collectivement les questions, partager les réponses et en conserver la mémoire. Ce forum, bien sûr, ne sera accessible qu'à votre groupe et à nous-mêmes. Ce que nous vous proposons n'est pas exclusif : nous sommes ouverts à toute proposition ! En particulier, si vous organisez des réunions relatives à ce projet, nous sommes intéressés pour y participer (en tant qu'observateurs neutres!).

Nous engageons par ailleurs un travail plus suivi avec deux d'entre vous, Alexis et Marie (visite de classe, journal de bord, entretiens...), qui recevront une proposition de programme complémentaire de la part de Gilles et d'Hussein.

Nous aurons sans doute ainsi, en combinant différents outils de suivi, des données permettant une compréhension assez profonde, nous l'espérons, des ressorts du travail que vous entreprenez cette année. Nous vous remercions vivement pour votre accueil et nous réjouissons de travailler avec vous cette année. N'hésitez pas à nous contacter pour toute suggestion, ou tout problème!

Bien cordialement,

Luc Trouche, directeur de l'équipe EducTice

PS. Forum et mode d'emploi

Comme il avait été évoqué, un forum, accessible uniquement aux professeurs de mathématiques du lycée Clemenceau participant à l'expérience et aux chercheurs de l'INRP, a été ouvert à l'adresse suivante :

<http://educmath.inrp.fr/Educmath/partenariat/partenariat-inrp-08-09/ecolab/clemenceau>

En cliquant sur cette adresse, vous ouvrirez une page avec un formulaire vous demandant identifiant et mot de passe. Ces deux éléments vous ont été envoyés par courrier électronique ce lundi 24 novembre 2008. Après avoir renseigné ces deux champs et avoir cliqué sur « se connecter », vous accédez au forum. Vous pouvez alors « initier une nouvelle discussion » ou « répondre » à un message déjà présent.

En cas de difficulté, ne pas hésiter à contacter : gilles.aldon@inrp.fr

Il s'agit donc de suivre l'histoire de l'expérimentation pour rendre compte :

- d'une part, à l'extérieur de la classe, de l'évolution du travail, individuel et collectif, de conception de ressources évolution des pratiques collectives et l'évolution des pratiques collectives des enseignants ;
- d'autre part, à l'intérieur de la classe, les effets des pratiques des enseignants et des ressources qu'ils mettent en œuvre sur les apprentissages des élèves.

Il s'agit donc de regarder de plus près quelles ressources pédagogiques sont utilisées par les enseignants, l'exploitation pédagogique qu'ils en font, les changements de pratiques reliés. Mais il s'agit aussi d'évaluer, du point de vue des élèves la prise en main de la calculatrice et du logiciel, plus généralement la place de la technologie Nspire dans les apprentissages.

Enfin, dans le fil de ces questions, il s'agit de repérer les conditions (technologiques, organisationnelles, didactiques...) de l'expérimentation qui peuvent expliquer des succès ou des échecs locaux ou globaux, de l'intégration de la technologie Nspire dans les classes scientifiques du lycée Clemenceau.

4.2 Paramètres pris en compte dans la méthodologie

Plusieurs paramètres ont été pris en compte pour la construction de notre méthodologie : le temps (pour repérer évolutions et ruptures), les ressources individuelles et collectives, les pratiques des professeurs hors classe et en classe, les pratiques des élèves et les traces de leurs apprentissages. Pour cela, nous avons réalisé des zooms sur plusieurs plans de l'expérimentation :

- zooms sur les aspects collectifs de la conception des ressources et des pratiques, en nous appuyant sur un le professeur pivot du collectif, Jean ;
- zoom sur un premier professeur, Alexis, du point de vue de son travail documentaire, en repérant les évolutions conjointes de ses ressources et de son activité, en classe et hors classe (en particulier du point de vue de ses rapports avec les autres professeurs engagés dans l'expérimentation) ;
- zoom sur un deuxième professeur, Marie, le développement de ses ressources en interaction avec l'activité propre des élèves, dans des configurations de classe entière ou de travail en salle informatique.

Nous sommes évidemment très reconnaissants aux trois professeurs qui nous ont ainsi donné accès à leurs classes, aux ressources qu'ils avaient conçues ou qu'ils concevaient, et qui ont constitué un terrain d'expérimentation des outils méthodologiques que nous allons présenter maintenant¹.

¹Nous avons directement sollicité la collaboration de Jean. Les deux autres professeurs ont été volontaires pour servir de témoins de l'expérimentation, ce qui constitue évidemment un biais dont nous avons essayé de tenir compte dans nos analyses.

Les trois professeurs participent à l'expérimentation dans des classes de Terminale scientifique. Nous avons fait ce choix (au lieu de celui de classes de Première S) pour bénéficier du contexte de l'Épreuve Pratique de Mathématiques au baccalauréat, dont nous pensions qu'elle constituerait un moment sensible de l'expérimentation d'un nouvel environnement technologique.

4.3 Les outils méthodologiques conçus

Les outils méthodologiques conçus prennent en considération les éléments que nous venons d'évoquer, en interaction les uns avec les autres. La durée du suivi est de un an, une période imposée par le contexte de l'expérimentation (accord conjoint des enseignants, de l'institution et du constructeur), c'est aussi une période qui correspond à une unité, un cycle, pour la vie d'une classe et les interactions entre un professeur, des élèves et des ressources :

- pour le suivi individuel des enseignants, nous avons adapté des outils de l'investigation réflexive (Guedet et Trouche 2009), que nous avons repris dans une étude antérieure (Sabra 2008) : les questionnaires, les entretiens, combinés avec des observations de classe, les journaux de bord, la représentation schématique des systèmes de ressources ;
- d'autres outils ont été conçus à destination du suivi du collectif d'enseignants, en particulier le petit agenda de suivi et le questionnaire baromètre mensuel ainsi que les réunions formelles ou informelles avec le collectif d'enseignants ;
- pour le suivi des élèves et des interactions élèves/enseignants, nous avons repris et développé des éléments de méthodologie pensés dans des travaux antérieurs (Aldon 2008) notamment pour prendre en compte les évolutions au cours du temps, et développer des méthodologies propres, portant en particulier sur l'analyse des processus d'appropriation des calculatrices à partir du suivi de leur contenu.

Dans ce qui suit, nous décrivons plus précisément ces outils, sans distinguer toujours entre suivi individuel et collectif, suivi des professeurs et suivi des élèves, tant ces suivis sont en interrelation profonde.

4.3.1 Questionnaires professeurs

Le but de ces questionnaires est de repérer des éléments sur le monde (Béguin 2005) des professeurs) impliqués dans l'expérimentation. Béguin (2005) définit, dans le cadre du travail, le monde comme

une saisie par le sujet de certaines propriétés du réel, dans le cadre de son activité historiquement et socialement située (p. 33).

Nous prolongeons cette définition en introduisant la notion de monde d'un professeur de mathématiques, saisie par un enseignant de certaines propriétés, valeurs, normes et concepts du réel dans le cadre de son activité historiquement et socialement située. Les questions posées se rapportent à

leur vision des mathématiques, de l'enseignement de mathématiques, de la technologie et du travail collectif. Il est à destination de tous les membres du collectif, deux fois sur l'année pour repérer les évolutions : questionnaire 1 donné au début de l'année de l'expérimentation et le questionnaire 2 à la fin de l'année de l'expérimentation. Nous voulons repérer ainsi des éléments sur :

- le système de ressources de chaque enseignant ;
- l'évolution de leur rapport à la technologie, en particulier la technologie Nspire ;
- les évolutions dans les modalités du travail collectif.

4.3.2 Journal de bord

Le journal de bord est destiné aux enseignants suivis individuellement (Alexis et Marie). Il s'agit de prendre des notes de toutes leurs activités, en particulier celles qui concernent les utilisations de la calculatrice. Nous demandons de donner précisément : l'horaire, le lieu, les protagonistes, les ressources utilisées (ce qui est produit, ce qui est archivé) et d'éventuels commentaires. Il concerne les activités dans la classe de terminale scientifique (c'est la classe des deux enseignants). Il sera renseigné pendant une durée de deux semaines.

Un des deux enseignants suivi individuellement renseigne le journal de bord sur trois périodes de l'année. Le deuxième enseignant le renseigne deux fois sur l'année avant les observations de classe (§3.5).

4.3.3 Petit Agenda de Suivi (PAS)

Le but de ce petit agenda de suivi est de repérer des phénomènes estimés comme des événements brusques, ou des circonstances qui ont poussé les enseignants à penser autrement leur activité collective, suivant différents points de vue : technologique, mathématiques, didactique, institutionnel, etc. Cet agenda de suivi a été demandé à un Jean, enseignant jouant un rôle particulier dans le collectif pour plusieurs raisons : il est spécialiste de la technologie Nspire, l'instigateur de l'expérimentation au lycée, et coordinateur de mathématiques. De ce fait, son regard sur l'expérimentation et à la vie du lycée est important à recueillir.

Les données notées dans le petit agenda de suivi seront prises mensuellement, ce qui peut assurer une certaine continuité dans les données du suivi du collectif et l'histoire de l'expérimentation.

4.3.4 Questionnaire Baromètre Mensuel (QBM)

Le QBM a pour but de suivre de plus près des phénomènes cités dans le petit agenda de suivi, pour repérer des traces dans l'évolution d'une part, du travail documentaire collectif et d'autre part des pratiques collectives.

Nous nous intéressons plus particulièrement aux phénomènes liés à l'instrumentation par les enseignants de la technologie Nspire. Ce questionnaire est destiné à tous les membres du collectif. Les questions (cinq maximum) seront construites à partir des événements relatés dans le PAS.

4.3.5 Observations de classe

Nous avons prévu trois observations de classe. Dans ces observations, nous avons laissé la liberté à l'enseignant de choisir le thème de la séance et la façon de le mettre en œuvre. Les observations ont été précédées par un entretien où l'enseignant explique ses choix, et suivies par un entretien à chaud où les questions tournent autour des écarts entre ce qui était visé et ce qui est réalisé et les raisons supposées de ces écarts. Une observation qui a comme objet particulièrement l'enseignant. Elle a comme objectifs :

- suivre l'utilisation pédagogique et didactique que mettent en place les enseignants de la technologie Nspire ;
- observer la mise en œuvre des documents construits par les enseignants pour repérer des évolutions dans le travail de conception de ressources adaptées à la technologie Nspire.

Durant l'observation, nous renseignerons une grille d'observation qui tient en compte :

- l'organisation et la configuration de la classe ;
- l'activité du professeur et des élèves ;
- les ressources mobilisées par les professeurs et les élèves ;
- les gestes et comportements particuliers du professeur ;
- les écarts au prévu ; commentaires et remarques éventuels.

Nous avons pensé faire cette observation en milieu d'année en faisant l'hypothèse que ce moment de l'année est un moment où les élèves et le professeur auront dépassé la phase de prise en main et de première appropriation de la technologie Nspire.

Nous avons pensé encore deux autres observations qui avaient comme objet les enseignants et les élèves à la fois. Elles avaient comme objectifs :

- repérer des gestes professionnels dans les interactions avec les élèves ;
- repérer l'articulation tâche/activité ;
- suivre les processus d'apprentissage des élèves en lien avec la dynamique des milieux, ainsi que des éléments du contrat didactique.

Chaque semaine, les élèves de terminales ont trois heures de mathématiques² : une séance en demi-classe et deux séances en classe entière. Nous avons utilisé ce créneau pour mener nos observations en classe (4 heures). Dans ces observations, la première et dernière heure de la matinée sont consacrées à une séance en salle informatique, les deux heures en classe entière à

²La première et la quatrième heure de la matinée sont des heures en demi-classe, et les deuxième et troisième heures en classe entière.

des travaux pratiques utilisant la calculatrice. Les observations sont précédées par le recueil d'un journal de bord, et suivies par un entretien avec l'enseignante.

4.3.6 Entretiens à domicile

Nous avons organisé des entretiens avec un des enseignants suivi individuellement, à domicile, dans le lieu du travail de préparation des cours, dans lequel nous faisons l'hypothèse qu'il y avait la plupart de ses ressources, pour le suivi du système de ressources individuel ainsi que des éléments de son système d'activité. Nous nous intéressons à la reconstruction, d'après ce que dit l'enseignant, de son propre processus de construction des documents (sélection, combinaison et mise en œuvre des ressources), ceci en posant des questions sur des ressources particulières.

Nous avons utilisé comme type d'entretien l'instruction au sosie (Oddone et al 1981). Des questions de temps seront évoquées (présent, passé et futur). Les entretiens doivent se dérouler en deux temps, au début et à la fin de la période du suivi, pour marquer l'évolution. En outre, nous avons essayé dans ces entretiens de repérer des éléments sur le travail collectif des enseignants expérimentateurs, en dirigeant les questions sur les pratiques collectives et en s'appuyant sur des événements particuliers recueillis dans le PAS.

Nous avons conçu une grille pour cet entretien. Elle est inspirée de grilles réalisées dans le cadre d'un mémoire de master (Sabra 2008), mais aussi par celles réalisées dans d'autres recherches, (Gueudet et Trouche, 2009) et (Margolinas et al 2007).

4.3.7 Représentations Schématiques

Les représentations schématiques sont des éléments de nos outils méthodologiques :

- durant les entretiens à domicile : nous avons demandé à l'enseignant une Représentation Schématique du Système de Ressources (RSSR) sur une feuille de papier quadrillée. Nous avons demandé cette représentation schématique la première fois au début de l'année, et une deuxième fois à la fin de l'année. La deuxième fois, nous avons proposé à l'enseignant de marquer des changements sur un papier calque, pour repérer des évolutions liées à l'expérimentation dans ses sources de documentation ainsi que sa structure de ressources ;
- dans les questionnaires 1 et 2 : pour noter la vision des mathématiques en rapport avec les autres disciplines ; les relations entre l'ensemble des enseignants expérimentateurs au lycée. Nous avons essayé de marquer des évolutions lié à l'expérimentation de la technologie Nspire.

4.3.8 Recueil de ressources individuelles et collectives

Dans la mise en œuvre des outils méthodologiques cités ci-dessus, nous avons essayé de recueillir des ressources utilisées et produites : notées dans le journal de bord ; traces appuyant ce qui est noté dans le PAS (traces de l'événement, mels, une fiche, copie d'élève, copies d'écran ou autres) ; le document construit pour la mise en œuvre en classe pour l'observation. Durant l'entretien à domicile, nous avons demandé à l'enseignant de raconter l'histoire de deux ressources qui nous servent de fil conducteur pour l'étude de l'évolution de construction des ressources en document.

4.3.9 Suivi des contenus des calculatrices

Nous avons demandé à huit élèves de deux classes de nous envoyer durant l'année le contenu de leur calculatrice (répertoires, fichiers) ; les élèves ont été choisis par les professeurs des classes selon les critères suivants :

- Bon élève, intéressé par la technologie (BI) ;
- Elève moyen, intéressé par la technologie (MI) ;
- Bon élève, peu intéressé par la technologie (BnI) ;
- Elève moyen, peu intéressé par la technologie (MnI).

Ce recueil de données s'étale dans le temps et a comme objectif de suivre les phénomènes d'instrumentalisation d'une part, mais aussi les propriétés assignées par les élèves aux documents construits sur la TI-Nspire.

4.3.10 Questionnaires élèves

Deux questionnaires ont été proposés à l'ensemble des élèves de première et terminale scientifique du lycée Clemenceau.

Pour tenter de dresser un portrait des élèves engagés dans l'expérimentation, le premier questionnaire a porté d'une part sur les conceptions des élèves vis à vis des technologies et des mathématiques et d'autre part sur la prise en main et les premières utilisations de la TI-Nspire. Ce questionnaire a été mis en ligne au mois de décembre. Le second questionnaire a porté principalement sur les utilisations de la TI-Nspire et a eu pour but de mettre en évidence une évolution des usages ordinaires de la calculatrice dans le cours de mathématiques et en dehors.

4.4 Mise en œuvre de la méthodologie

La mise en œuvre d'une méthodologie ne va jamais de soi, surtout quand on s'aventure sur des chemins nouveaux (nouvelle technologie, expérimentation dans des contextes ordinaires). La mise en œuvre d'une méthodologie c'est donc d'abord la mise à l'épreuve de cette méthodologie, que nous avons du ajuster tout au long de l'expérimentation : nous avons sans doute prévu

trop d'outils, et pas assez anticipé la complexité de la tâche des professeurs volontaires pour s'engager dans des chemins parfois éloignés de leur environnement de travail habituel.

4.4.1 La méthodologie projetée

La mise en œuvre des outils méthodologiques, devait s'organiser autour d'une structure (Figure 1) prenant en compte les paramètres cités ci-dessus (§ III.2), sur trois périodes de l'année, avec des données mensuelles recueillies par le PAS et le QBM.

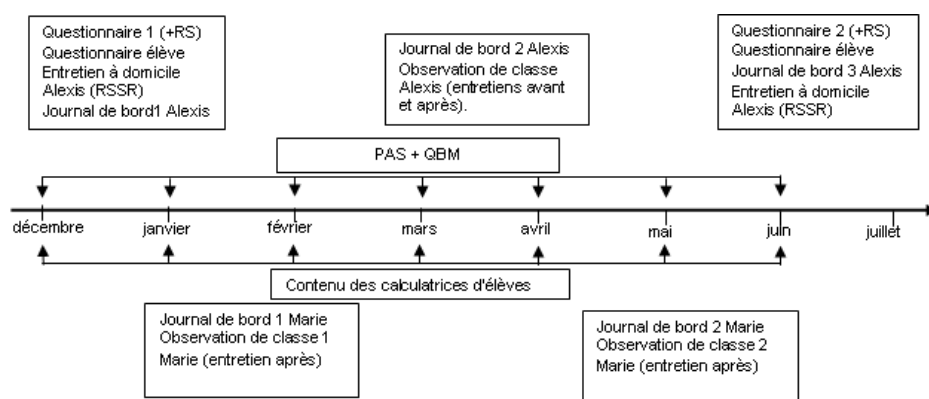


FIG. 4.1 – Structure de la méthodologie projetée

Des modifications et des réajustements ont été nécessaires tout au long de l'année. C'est cette évolution que nous développons dans le paragraphe suivant.

4.4.2 La méthodologie modifiée et réajustée

Les enseignants avaient une expérience limitée de la technologie en général. L'envoi et le retour des questionnaires ont eu lieu par courriel, ce qui a créé des difficultés pour le renseignement du questionnaire pour la plupart des enseignants. Nous les avons relancés plusieurs fois pour obtenir des réponses. Ainsi, les représentations schématiques demandées dans le questionnaire n'ont pas été faites, du fait de difficultés d'utilisation du logiciel de traitement de texte. En conséquence, il y a eu un retard général dans la mise en œuvre de la méthodologie et les demandes de représentations schématiques dans le questionnaire 2 ont été remplacées par des questions. Le questionnaire 1 proposé a provoqué une certaine hésitation chez certains enseignants : ils se sont sentis mis en cause dans ce questionnement. Nous

avons envoyé une lettre à tous les enseignants (Annexe 8.6) pour clarifier et bien situer le questionnaire dans notre observation globale.

Nous avons demandé à Jean de renseigner le PAS. Du fait des interactions souvent informelles et limitées entre enseignants, il a rencontré beaucoup de problèmes pour remplir cet agenda : avoir accès aux informations, les suivre demandaient une investigation de sa part, souvent difficilement compatible avec ses engagements et responsabilités partagés (Lycée Clemenceau, IREM et autres équipes professionnelles). Ainsi, le PAS, dans sa forme initiale n'a pas fait partie des outils mis en œuvre. Mais, nous avons remplacé ce PAS par des bilans de différents types (courriels, contacts téléphoniques, discussions) pour le suivi de quelques événements clés. Par conséquent, un QBM a été conçu et renseigné par l'ensemble des professeurs fin février. Par ailleurs, l'observation et le suivi de l'organisation de l'épreuve pratique expérimentale en mathématiques (EPM) dans le lycée Clemenceau ont été rendus possibles à partir du moment où les enseignants ont accepté³ notre présence discrète et notre regard à la fois pour l'organisation et la passation de l'épreuve.

Nous considérons en effet que cet événement de l'EPM expérimentale est un point attractif dans le déroulement de l'expérimentation pour plusieurs raisons :

- son organisation interne suppose un travail collectif de la part des enseignants pour réussir cette EPM expérimentale. Cet événement constitue pour nous une occasion de suivre différentes modalités d'interaction et d'échange entre les collègues au lycée ;
- la technologie Nspire est présente fortement dans cette EPM, parce que cette technologie est la seule utilisée par les élèves, ainsi, la réussite de l'EPM expérimentale demande une prise en main et une appropriation importantes de cette technologie par les enseignants et par les élèves ;
- les élèves, le jour de l'EPM, sont en plein engagement, seuls en face d'un problème à résoudre avec l'aide de la technologie. Cette situation nous offre une possibilité de regarder l'instrumentalisation, ainsi que sa mobilisation dans des processus de résolution de problèmes du côté des élèves, à ce moment de l'année (mois de mai). Le suivi de l'EPM que nous avons pensé est formé de trois étapes :
 - avant l'EPM expérimentale : suivi de la réunion que les enseignants ont faite pour l'organisation de la journée, les échanges qui ont eu lieu entre eux, ainsi que les critères de choix de sujets ;
 - la journée de l'EPM : suivi des professeurs et des élèves face à la technologie. Quelle instrumentation de la technologie par les élèves ? Quels accompagnements des professeurs ? Entretiens avec des élèves portant sur leurs réactions sur l'EPM après l'observation, et se prolongeant par un questionnement sur leur point de vue relatif à l'utilisation de

³Nous remercions à cette occasion et encore une fois toute l'équipe enseignante pour la confiance qu'ils nous ont faite pour accepter notre présence dans ce contexte d'évaluation.

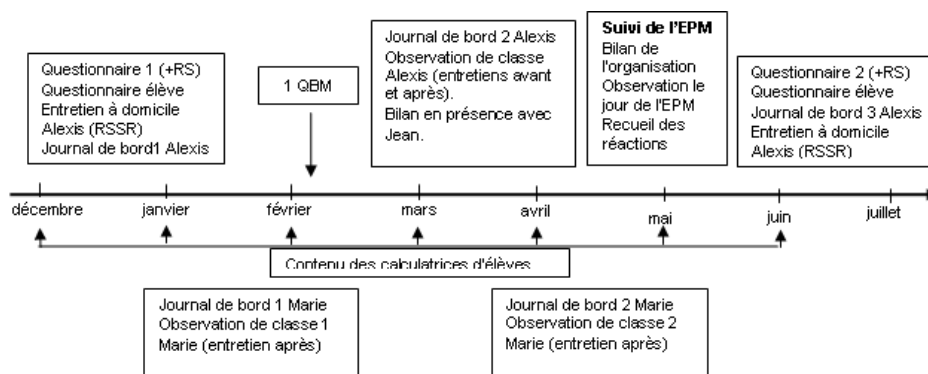


FIG. 4.2 – La méthodologie modifiée et réajustée

la calculatrice Nspire tout au long de l'année ;

- après l'EPM, nous avons suivi les réactions des enseignants dans différentes occasions : durant l'entretien à domicile dans la période trois, bilan faites avec le coordinateur de mathématiques au Lycée, suivi des modalités d'évaluation et résultats des élèves.

Prenant en compte les contraintes et les éléments nouveaux issus du terrain, la structure de la méthodologie réajustée est alors celle de la figure ci-dessous.

En ce qui concerne les questionnaires, le nombre des retours a varié d'un questionnaire à l'autre.

- pour le questionnaire 1, nous avons reçu 7 questionnaires renseignés sur les dix professeurs concernés ;
- pour le QBM, 8 réponses retournés ;
- pour le questionnaire 2, nous avons reçu 5 retours dont quatre questionnaires renseignés et une réponse d'un enseignant donnant les raisons pour lesquelles il ne remplissait pas le questionnaire ;
- pour le questionnaire-élève de décembre, nous avons recueilli 85 réponses et pour celui de juin, 103.

Chapitre 5

Analyse des données

5.1 Q1. Est ce que les enseignants trouvent un intérêt à la solution duale ? Si oui, lesquels ?

Pour apporter des réponses à cette question, nous nous appuyerons sur :

- les entretiens avec les professeurs ;
- les observations en classe ;
- les contenus des calculatrices des élèves ;
- l’organisation du lycée ;

5.1.1 Analyse

Tout d’abord, deux salles informatiques ont été équipées avec le logiciel TI-Nspire-CAS et l’occupation de ces salles a été, au cours de l’année régulière, en particulier par les classes de terminale . Les professeurs de terminale ont ainsi préparé leurs élèves à l’épreuve pratique de mathématiques, et l’observation faite à cette occasion montre clairement une bonne connaissance du fonctionnement de la salle informatique et plus spécifiquement du logiciel leur permettant de travailler en autonomie.

En revanche, les élèves n’ont pas disposé du logiciel et le lien entre logiciel et calculatrice ne semble pas avoir été travaillé. En particulier, les contenus des calculatrices étudiées ne montrent pas de traces de TP réalisés en salle informatique. Par ailleurs les observations en classe montrent que les élèves ne sauvegardent pas sur leur calculatrice le travail réalisé en TP et que la sauvegarde du travail réalisé dans la salle informatique n’est pas une préoccupation des professeurs observés :

O : Est-ce que tu vas demander aux élèves de sauvegarder leur travail sur l’ordinateur ou sur leur calculatrice ?

Marie : Non

Entretien 15 janvier 09

Marie : Allez, on arrête là, je suis désolée

E : Madame, on enregistre ?

Marie : Vous enregistrez si vous voulez, et demain on fait la partie théorique sur ça.

Observation 15 janvier, heure 1

E : On sauvegarde, madame ?

Marie : Oh, vous faites comme vous voulez

E' : Ah, si on sauvegarde, celui là, il m'a plu !

Observation, 23 avril heure 4

L'institutionnalisation des travaux pratiques se fait sur le contenu mathématique strict et non pas sur le lien entre les contenus mathématiques et les démarches utilisant le logiciel. On retrouvera plus loin cette dissociation entre les parties « pratiques » et « théoriques ».

Dans notre observation, le professeur privilégiait, pour son usage personnel le logiciel et les élèves travaillaient quotidiennement sur la calculatrice. Mais aussi, l'usage du clavier de la calculatrice sur le logiciel, très fréquent chez les élèves confirme cette appropriation du logiciel à travers l'usage de la calculatrice, même si, parfois quelques incidents surviennent provenant de différences dans les actions à réaliser entre le logiciel et la calculatrice :

Marie : Non, non, pas tout effacer ! Le point tu l'effaces, point, voilà et clic droit

E'' : Clic droit, c'est quoi ?

E''' : On n'est pas sur l'ordinateur !

Marie : Oh là là, oui, excusez moi ! Oui, oui ! Tu sélectionnes, non pas le cercle ! Tu prends le point, oui, alors Menu ; attends, il faut Menu Outil, alors, attends, qu'est ce qu'il faut faire pour supprimer un point ? J'ai une colle, là ! Sélectionner, non pas sélectionner

E''' : Ah, j'ai trouvé, madame

Marie : Oui ?

E''' : C'est contrôle menu . . .

E'' : Tu fais pointeur, déjà ?

E''' : Tu fais Menu, Sélectionner. Tu sélectionnes le point B en restant appuyé sur la main pour faire refermer la main, et après . . .

E'' : Mais, là, j'ai le cercle.

E''' : Et après contrôle menu et il y aura Supprimer

Observation 15 janvier, heure 2

D'une manière générale, les enseignants avaient recours à un usage simple de la technologie Nspire, sans utilisation fréquente des outils accompagnant ce logiciel comme la vidéo-projection (voir Tab. 5.1.1).

Question posée sur l'utilisation de la projection d'écran (questionnaire 2) :

Outre le fait que l'utilisation du logiciel est plus appréciée des enseignants, notamment en ce qui concerne l'application « Géométrie », il résulte des observations que la solution duale n'a pas été exploitée, notamment dans

L'usage de la vidéo-projection de l'écran du logiciel

Pas du tout	Peu	Souvent
2	1	1

L'usage de la projection d'écran de la calculatrice

Pas du tout	Peu	Souvent
2	1	1

TAB. 5.1 – Utilisation des accessoires de la technologie Nspire par les enseignants

la possibilité qu'elle pouvait offrir de prolonger un travail en salle informatique en salle ordinaire ou par un travail à la maison. Les raisons qui peuvent être mises en avant est la distance importante entre l'expérience en matière de technologie des enseignants et les possibilités offertes par la solution duale¹.

Cependant, l'expérimentation montre de la part des élèves un souhait de pouvoir disposer du logiciel en même temps que de la calculatrice :

C'est dommage que le logiciel TI-Nspire ne soit pas donné avec la calculatrice parce qu'on est obligé de télécharger des logiciels pour écrire des fichiers en format tns et les transférer sur la machine.

Questionnaire, juin 09

Sentiment que l'on retrouve dans les entretiens avec les élèves :

G3 : Je ne me sers plus de mon ancienne calculatrice, je ne me sers plus que de la TI-Nspire, par contre, je pense que ça aurait été bien d'utiliser en parallèle le logiciel sur ordinateur.

Entretien, mai 09

En même temps, ils pointent bien les difficultés à utiliser l'un ou l'autre et les problèmes qui peuvent se poser :

G1 : Ben, c'est un peu bizarre, c'est pas tout à fait la même chose, et ce qu'on fait sur l'ordinateur, sur la calculatrice, ce serait plus dur à refaire, c'est plus dur, voilà !

Entretien, mai 09

5.1.2 Eléments de conclusion

Les élèves dans cette expérimentation ne disposaient que de la version essai du logiciel mais se sont servis du logiciel dans les TP en salle informatique sans incitation particulière à un prolongement, notamment en gardant une trace des TP dans la calculatrice pour illustrer les institutionnalisations

¹On ne pourra donner des éléments de réponse à la question des atouts de la solution duale dans l'organisation de l'établissement, puisque ces réponses ne pourraient être atteintes que par un suivi long (sur au moins deux années).

dans la classe ordinaire et, éventuellement prolonger la réflexion autour de nouvelles questions émergeant des pratiques expérimentales.

Il apparaît de notre étude que la dualité et la complémentarité calculatrice/logiciel n'ont pas (ou peu) été utilisées par les enseignants du fait d'un écart trop important de cette solution avec les pratiques habituelles.

La séparation calculatrice/logiciel correspond à une localisation différente : salle informatique et salle de cours, et par conséquent à une organisation pédagogique et didactique différente. Les liens de l'un à l'autre suppose une imbrication des parties expérimentales et théoriques qui demandent des modifications des conceptions vis à vis des mathématiques ; cette imbrication implique notamment, la prise en compte dans les institutionnalisations de connaissances des propriétés et des objets issus d'expériences réalisées sur ordinateur et le prolongement de ces expériences par des mises à l'épreuve des résultats expérimentaux en les confrontant à la théorie d'une part et à l'épreuve des faits d'autre part.

Un autre aspect qu'il s'agirait d'étudier plus finement est la dimension documentaire de la technologie : la calculatrice et le logiciel peuvent être étudiés comme élément d'un ensemble de ressources des enseignants et des élèves de par leurs propriétés de transmission, de sauvegarde et d'organisation des données. Elles en constituent des éléments fondamentaux. Pédaque (2006) distingue les principaux contextes de médiation des documents numériques en considérant le pôle privé constitué de ses propres documents (sa bibliothèque), le pôle collectif dans lequel seront regroupés *les documents réservés à un groupe précis*, et le pôle public pour des documents publiés ou partagés sans qu'il soit possible de distinguer les destinataires. Les observations montrent que ces aspects, s'ils sont parfois pris en compte dans la sphère privée d'un professeur ou d'un élève ne le sont pas d'un point de vue collectif (à l'intérieur d'un collectif déclaré comme la classe dans ses interactions entre élèves et entre professeur et élèves) et encore moins dans un point de vue public (à destination de la communauté au sens large).

5.2 Q2. Quelle utilisation pédagogique est mise en place par les enseignants ?

Pour aborder cette question nous nous appuyerons sur :

- les observations de classe ;
- les questionnaires professeur ;
- les entretiens avec les enseignants.

5.2.1 Analyse

L'utilisation pédagogique mise en place par les enseignants dépend de l'évolution de la genèse instrumentale et des usages de la technologie Nspire (Zuchi, 2008). La connaissance des contraintes et des potentialités (lié au développement de la genèse instrumentale) implique une conception de ressources exploitant les potentialités de la technologie et prenant en compte les contraintes éventuelles de son usage.

Les conditions de l'expérimentation ont modifié progressivement les habitudes d'enseignement en privilégiant les séances de travaux pratiques dans la salle informatique en vue de la préparation d'une épreuve pratique de mathématiques.

En classe ordinaire, les observations et les entretiens avec les enseignants montrent que des types d'organisation didactique de la classe sont construits autour de l'utilisation de la calculatrice :

- utilisation d'un élève « Sherpa » (Figure 5.13) dont le rôle est de piloter une calculatrice rétroprojetable permettant à l'enseignant de suivre ce que font les élèves par le truchement d'une instanciation des démarches possibles, mais aussi de rendre visible pour l'ensemble de la classe et de modifier de fait le comportement de la classe ;
- utilisation de la calculatrice comme imagiciel permettant d'illustrer une propriété ou une notion du cours ou de contrôler des calculs faits à la main :

avril : utilisation de l'intégrale pour vérification des calculs

Journal Marie, avril 09

- utilisation de travaux pratiques fréquents en salle informatique ; les salles informatiques équipées du logiciel TI-Nspire ont été beaucoup utilisées par les enseignants et les modèles de TP provenaient des épreuves pratiques des années précédentes. Dans les questionnaires aux professeurs (1 et 2), les réponses ont révélé une utilisation pédagogique, légèrement évolutive au cours du temps comme en témoignent les réponses à une question sur le rôle assigné à la technologie (Tab. 5.2) :

L'utilisation de la technologie mise en place par les enseignants veut plutôt mettre en évidence la valeur pragmatique des concepts et notions mathématiques. La faible utilisation des outils de projection d'écran par les enseignants (§5.1) semble avoir des conséquences sur l'utilisation pédagogique

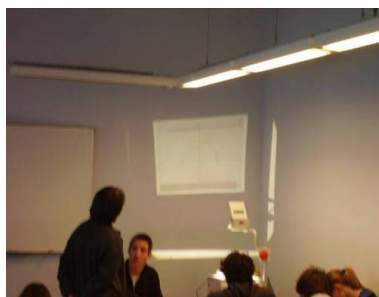


FIG. 5.1 – Elève Sherpa

de la technologie Nspire par les enseignants : nous remarquons l'absence des usages mettant en place un travail collaboratif entre les élèves. On remarque dans les réponses des enseignants une évolution dans le rôle assigné à la technologie dans la construction du savoir mathématique.

Ce rôle peut se révéler par :

- l'élaboration des conjectures. Par exemple, Alexis, dans la séance de classe observée, recourt à la conjecture de la formule d'aire sous la courbe de la fonction $f(x) = x^2$ dans l'intervalle $[0; a]$ (a est un réel donné). Ceci en profitant du tableur du logiciel Nspire :

Ils essaient de conjecturer une formule, en donnant l'aire en fonction de a et la formule ça va être $\frac{a^3}{3}$.

Entretien avant observation, Mars 2009.

- la validation de la pertinence des réflexions :

Connaitre le résultat à l'avance place l'élève dans la situation « montrer que » plus confortable pour valider.

Questionnaire 1.

Dans les réponses des enseignants sur le domaine mathématique particulièrement pertinent quant à l'utilisation de la technologie, nous avons remarqué une certaine évolution (Tab. 5.3).

Bien que les effectifs des réponses sur le questionnaire 2 est soient plus petits que celui du questionnaire 1, nous avons remarqué une amélioration en ce qui concerne l'algèbre et la géométrie. ce qui peut résulter, plutôt, de l'utilisation de la technologie Nspire tout au long de cette année.

L'évolution du rapport à l'algèbre et la géométrie (§5.1) posséderait des retombées sur l'utilisation par les enseignants et la technologie Nspire. En ce qui concerne les potentialités de la technologie Nspire exploitées par les enseignants durant l'année :

C'est l'utilisation du tableur de la technologie Nspire par les enseignants qui est la plus fréquente. Nous avons remarqué ceci dans plusieurs types de données recueillies :

- dans le questionnaire (voir ci-dessus) ;

Quel sont les rôles principaux que vous assignez aux TICE (logiciels, calculatrices, autres...) dans votre enseignement ?

Questionnaire 1

Fréquence d'utilisation	Pas du tout	souvent	Très souvent
Dans la construction du savoir mathématique des élèves	-	4	2
Pour mettre en relation les notions et leur signification	-	1	4
Pour faire fonctionner des notions et concepts mathématiques	-	4	3
Pour développer la collaboration entre élèves	1	3	2

Questionnaire 2

Fréquence d'utilisation	Pas du tout	souvent	Très souvent
Dans la construction du savoir mathématique des élèves	-	1	3
Pour mettre en relation les notions et leur sens	-	1	3
Pour faire fonctionner des notions et concepts mathématiques	-	1	3
Pour développer la collaboration entre élèves	-	2	1

TAB. 5.2 – Rôles principaux assignés aux TICE dans l'enseignement

– dans l'observation d'Alexis. Dans l'entretien avant l'observation, Alexis déclare :

...à l'aide du tableur, on va calculer la somme des aires de rectangles, pour pouvoir approximer l'aire sous la courbe. Et en plus, à l'aide de ce tableur on peut créer le nombre de subdivision que l'on veut. A la main ce n'est pas possible...ce n'est même pas imaginable.

Entretien avant observation, Mars 2009 ;

– dans l'entretien 1 à domicile. Alexis déclare :

On peut dire que le tableur de TI-Nspire est un vrai tableur et les élèves rapidement se le sont appropriés...C'est un vrai outil d'investigation.

Entretien 1 à domicile, décembre 2008

Y a-t-il un thème précis pour lequel les TICE vous semble particulièrement pertinentes pour la préparation d'une séance de classe ?

Thèmes	Questionnaire 1 Sur 7 réponses	Questionnaire 2 sur 5 réponses
Calcul	3	3
Analyse	4	4
Géométrie	2	3
Algèbre	1	3
Probabilités	2	3
Statistiques	4	4

TAB. 5.3 – Thèmes mathématiques pertinent pour l'utilisation des TICE dans l'enseignement

Parmi les potentialités ci-dessous de la technologie Nspire, donnez votre avis en fonction de la fréquence d'utilisation dans votre travail cette année (Questionnaire 2)

Les outils technologiques	Pas du tout	Peu	souvent	Très souvent
l'usage de calcul formel	-	2	2	-
l'usage du tableur dans la calculatrice	-	1	-	3
L'usage du lien entre les applications que permet cette technologie	-	1	2	1
L'usage des aspects dynamiques	1	1	1	1
la gestion des documents	1	1	-	1

TAB. 5.4 – Les potentialités de la technologie Nspire exploitées par les enseignants

On peut penser que cet outil dont les fonctionnalités sont proches de celles des tableurs « habituels » a été un des objets permettant une entrée plus aisée dans la technologie Nspire.

D'un autre côté, le lien entre les applications est mis en œuvre dans des TP « ad hoc » mais est peu utilisé d'une façon naturelle, ce qui, finalement n'est qu'un prolongement des fonctionnements habituels et de la faible pratique, en général, des changements de cadre pour illustrer, ou introduire une notion. Il semble également que les difficultés d'instrumentation jouent éga-

lement un rôle important et, en particulier la difficulté à gérer des situations mettant en jeu des compétences techniques non complètement maîtrisées :

Dans l'épreuve pratique de mathématiques, F2 veut tracer le nuage de points construit à partir des résultats calculés dans le tableur. Mais au lieu d'ouvrir une nouvelle page de l'activité, F2 ouvre une nouvelle activité ; on peut voir d'ailleurs ici une difficulté liée à l'utilisation du logiciel pour une élève plus habituée à manipuler la calculatrice ; en l'occurrence, les actions à réaliser sont dans ce cas bien différents dans l'un ou l'autre des environnements. Le professeur examinateur ne comprend pas le problème :

F2 : Monsieur, ça ne marche pas !

P : Fais un nuage de points.

F2 : J'ai pas les colonnes (elle montre la page graphique).

P : Je ne sais pas. Continue, ne fais pas le graphique !

Et, en fin de séance, F2 ouvre une nouvelle page graphique dans la même activité, par hasard et fait la construction de mandée ; elle interpelle le professeur et lui montre :

F2 : Et tout à l'heure pourquoi, ça ne marchait pas ?

P : Je ne sais pas... Il faut rendre la copie !

EPM, mai 09

Enfin, l'utilisation de la calculatrice comme support pour gérer les documents ne semble pas avoir intéressé les enseignants comme en témoigne le peu d'incitations à sauvegarder les travaux faits en classe sur la calculatrice (extraits déjà cités, page 47)

5.2.2 Eléments de conclusion

L'étude montre fortement la difficulté à gérer le passage de la dimension expérimentale utilisant la technologie Nspire à une institutionnalisation des connaissances. Une incitation à une démarche plus expérimentale des mathématiques ne peut se concevoir sans des apports (formation, ressources, articles, etc.) pour en montrer les bénéfices, les limites et mettre en évidence les articulations entre les usages de la technologie et la construction de connaissances. L'exemple de l'utilisation de la technique de l'élève Sherpa (Trouche, 2004) dans la classe de Marie, montre bien les glissements pédagogiques provoqués par l'utilisation et l'intégration de la calculatrice dans les cours de mathématiques.

Cependant, l'exploitation des résultats expérimentaux obtenus avec la TI-Nspire implique de prendre en considération les différentes approches individuelles des élèves dans la classe et d'en faire émerger les connaissances à institutionnaliser. Cette démarche n'est pas simple et peut entrer en conflit avec une conception de l'enseignement des mathématiques s'appuyant essentiellement sur des démarches de preuve.

Les incidents qui surviennent dans la classe sont souvent révélateurs de difficultés profondes tant du point de vue mathématique que de l'utilisation

des calculatrices. Ces incidents sont dans le cours des leçons des freins à l'intégration de la technologie en remettant en question ses apports et en provoquant des replis vers des pratiques plus stabilisées.

L'activité instrumentale des élèves et des enseignants se construit conjointement. Cette construction nécessite des organisations pédagogiques spécifiques, permettant de prendre en compte des apprentissages qui échappent au cadre strict de la classe et qui renvoient à la dimension documentaire (organiser des ressources, les transformer, les créer, les échanger, . . .) de la technologie TI-Nspire.

5.3 Q3. Evaluer, du point de vue des élèves, la réussite de l'intégration, de la prise en main de la calculatrice et du logiciel, de la place de la technologie Nspire dans les apprentissages.

Pour aborder cette question, nous nous appuyerons sur les éléments de méthodologie suivants :

- analyse du contenu des calculatrices ;
- questionnaires élèves ;
- observations en classe ;
- entretiens avec les élèves.

5.3.1 Analyse du contenu des calculatrices

L'ensemble des calculatrices étudiées montre que, malgré des utilisations variées, les élèves se sont appropriées la calculatrice et en ont fait un instrument à leur main dans l'apprentissage des mathématiques. Dans les utilisations de la calculatrice, nous retiendrons les types suivants :

- calculatrice brouillon : la machine possède au moins un fichier regroupant pêle-mêle des calculs ou des représentations graphiques ;
- calculatrice outil d'aide : en référence à un devoir ou un exercice, un fichier traite les questions (ou des morceaux de questions) et est sauvegardé ;
- calculatrice, répertoire de notes : la calculatrice contient en mémoire des notes de cours (maths et/ou physique) ;
- calculatrice pour programmer : au moins un fichier possède une définition d'une fonction ou un programme nécessitant une programmation spécifique ;
- calculatrice pour stocker : au moins un fichier fait référence à un cours de mathématiques pendant lequel la calculatrice a été utilisée.

Dans le tableau d'analyse (cf. annexe 1, page 106), les éléments que nous retiendrons pour donner des éléments de réponse à cette question sont d'une part les calculs variés réalisés par les élèves (calculs numériques, calculs sur les complexes, calculs formels, . . .) mais aussi les différentes applications utilisées. Mis à part pour un élève (G), la majeure partie des applications est utilisée, parfois en lien les unes avec les autres (Tableur et Graphiques & géométrie ou Calculs et Tableur) ; le rôle de brouillon assignée à la calculatrice est très fort (la calculatrice de Az en est un exemple extrême, puisque tous les fichiers présents sont des fichiers de brouillon qu'il nomme, d'ailleurs, br1, br2, . . .) et peut être mis en relation avec la question Q1 : la calculatrice ne semble pas apparaître comme un lieu de stockage, mais plutôt comme un lieu d'expérimentation, sauf dans le cas de J_g qui a organisé sa calculatrice d'une façon très structurée :

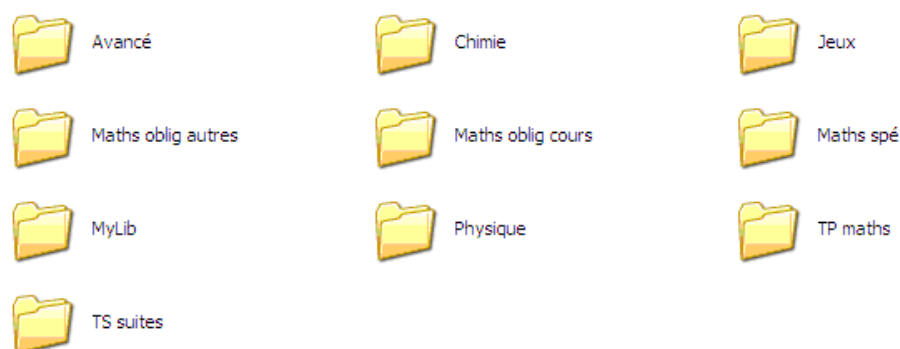


FIG. 5.2 – Contenu de la calculatrice de J_g, avril 09.

Contenu que l'on peut comparer à celui de la calculatrice de Az, sachant de plus que les deux dossiers « Exemples » et « Exemples » sont ceux présents initialement dans la calculatrice :

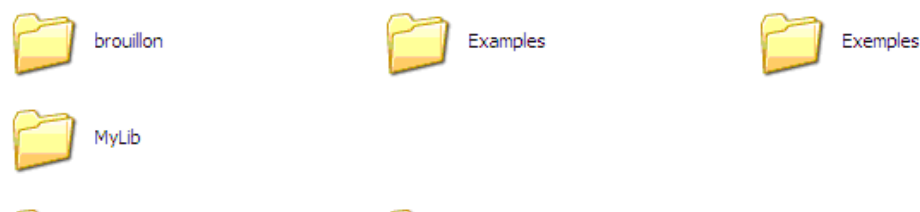


FIG. 5.3 – Contenu de la calculatrice de Az, Avril 09

Les fichiers présents sur les calculatrices sont souvent des fichiers de brouillon, pour certain regroupant des calculs très différents comme on peut le voir sur l'image suivante qui ne montre qu'une petite partie des quatre vingt dix huit calculs présents dans un seul fichier de la calculatrice de G :

Les calculatrices contiennent également toutes des notes utiles comme pense-bête dans le cours de mathématiques ou de physique :

G1 : Ben, ça évite... C'est rassurant pour le bac d'avoir des démonstrations, parce qu'on en a beaucoup, et puis, on peut vérifier tous nos calculs

Entretien mai 09

Outre le fait que G2 voient un intérêt pour les épreuves de baccalauréat pour contrôler des calculs, l'aspect de pense-bête pour les connaissances à acquérir par cœur est très fort. Il y a certainement ici un décalage entre le type d'épreuve d'évaluation et les possibilités des calculatrices qui mettent en porte-à-faux les enseignants.

$0-\infty$	undef
$\frac{\infty}{0}$	undef
$\frac{0}{\infty}$	0
$\text{solve}\left(2=\frac{-1}{x},x\right)$	$x=\frac{-1}{2}$
e^0	1
$\lim_{x \rightarrow 0^+} \left(\frac{x^2+x-1}{x^2} \cdot e^{\frac{-1}{x}} \right)$	0
$\lim_{x \rightarrow 0^-} \left(\frac{x^2+x-1}{x^2} \cdot e^{\frac{-1}{x}} \right)$	$-\infty$
$\lim_{x \rightarrow 0} \left(\frac{\frac{x^2+x-1}{x^2} \cdot e^{\frac{-1}{x}} - 0}{x} \right)$	undef
$(x^4)^2$	x^8
$\frac{d}{dx} \left(e^{\frac{-1}{x}} \right)$	$\frac{-1}{e^x} \cdot \frac{1}{x^2}$
$x^4 \cdot x^2$	x^6
$\frac{(x^2-2x) \cdot e^{\frac{-1}{x}}}{x^6} + \frac{e^{\frac{-1}{x}} \cdot (-2x^5-6x^4)}{x^8}$	$\frac{-1}{e^x} \cdot \frac{(2x^2+7x+2)}{x^5}$
$\frac{d}{dx} \left(\frac{x^2+x-1}{x^2} \cdot e^{\frac{-1}{x}} \right)$	$\frac{-1}{e^x} \cdot \frac{(3x-1)}{x^4}$
$\frac{d}{dx} \left(\frac{x^2+x+1}{x^2} \right)$	$\frac{-(x+2)}{x^3}$
$\frac{\sqrt{12}}{-2+2\sqrt{3}}$	$2\sqrt{3}$
$\frac{-2+2\sqrt{3}}{-2}$	$-(\sqrt{3}-1)$
$\frac{-2-2\sqrt{3}}{-2}$	$\sqrt{3}+1$
$\text{cSolve}\left(\frac{z-4}{z-2}=z+1,z\right)$	$z=1+i \text{ or } z=1-i$

FIG. 5.4 – Calculatrice de G, janvier 09

5.3.2 Questionnaires élèves

Dans ce contexte, les déclarations des élèves dans les questionnaires donnent des éléments de réponse très significatifs concernant la réussite de l'intégration des calculatrices.

Une première réponse concernant la facilité d'utilisation de la calculatrice montre que les élèves se sont bien appropriés la machine :

Presque 90% des élèves trouvent en fin d'année l'utilisation de la calculatrice très facile ou facile. En particulier, les évolutions des réponses du premier au second questionnaire montrent un renforcement de l'utilisation

Aujourd'hui, l'utilisation de cette calculatrice vous paraît :

Très facile	Facile	Difficile	très difficile
18%	71%	10%	1%

TAB. 5.5 – Presque 90% des élèves trouvent en fin d'année l'utilisation de la calculatrice très facile ou facile.

des calculatrices (cf. annexe 2 page ??) indiqué par un glissement des avis ; par exemple, 21% des élèves ne trouvent pas la calculatrice omniprésente dans la classe de mathématiques en décembre et ils sont un peu moins de 13% en accord avec cette phrase en juin. La calculatrice a pris, petit à petit de la place dans la classe et est devenue un instrument dont les élèves ne pourraient pas se passer :

On aurait pu faire le même travail avec une autre calculatrice

Tout à fait d'accord	D'accord	Peu d'accord	Pas d'accord
2,4 - 3,9	17,6 - 6,8	51,8 - 42,7	28,2 - 46,6
20 - 10,7		80 - 89,3	

TAB. 5.6 – Place de la TI-Nspire

De la même façon, les élèves peu ou pas d'accord avec la phrase : « d'une façon générale, il aurait été plus facile d'utiliser un ordinateur » augmentent pour être un peu plus de 61% en désaccord avec cette phrase, ce glissement montre bien la prise en main progressive de la calculatrice :

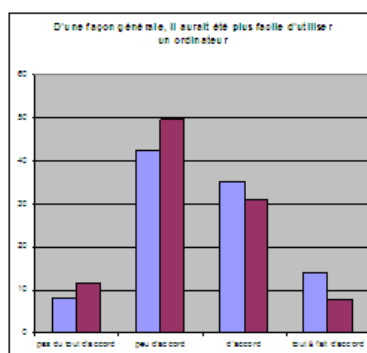


FIG. 5.5 – Prise en main de la calculatrice

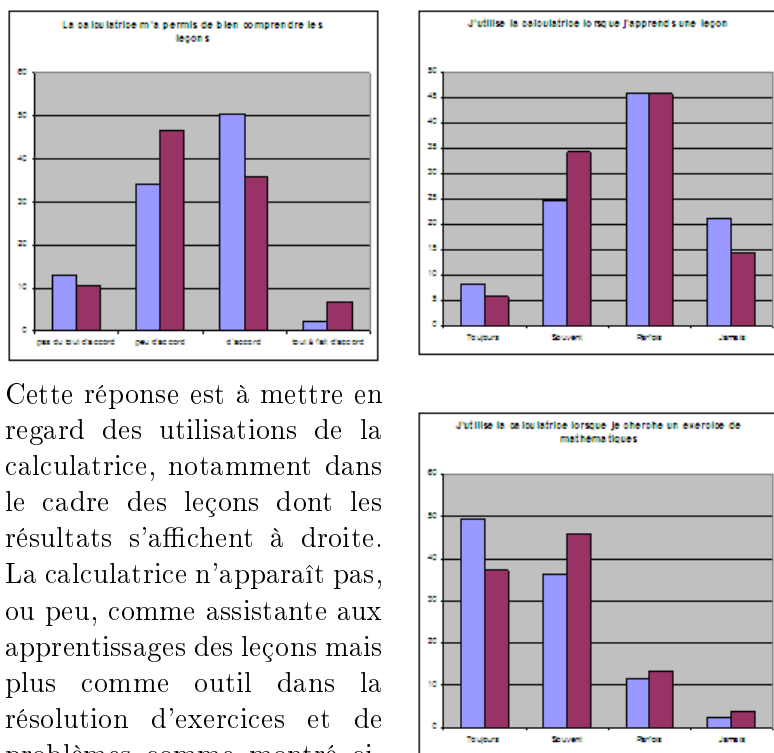
Nous voyons dans les tableaux suivants une confirmation du rôle joué par la calculatrice dans l'organisation de leurs apprentissages ; les élèves n'utilisent majoritairement pas ou peu la calculatrice lorsqu'il s'agit d'apprendre une leçon, bien qu'une certaine évolution apparaisse dans le graphique ci-

dessous (environ 40% en juin contre seulement 32% en décembre utilisent souvent ou toujours la calculatrice pour apprendre une leçon). En revanche, la calculatrice est majoritairement utilisée pour réviser un contrôle de mathématiques et cet usage augmente (56,4% en décembre et 61% en juin) mais en détaillant les réponses, nous mettons en évidence une utilisation plus circonstanciée : le nombre d'élèves qui utilisent " toujours " la calculatrice diminue de façon significative (37,6% - 28,6%) pendant que ceux qui déclarent l'utiliser « parfois » ou « souvent » augmentent.

J'utilise ma calculatrice lorsque je réviser un contrôle de mathématiques

	Toujours	Souvent	Parfois	Jamais
Décembre	37,6	18,8	29,4	14,1
	56,4		43,6	
Juin	28,6	32,4	35,2	3,8
	61,0		39	

TAB. 5.7 – Evolution de l'utilisation de la calculatrice



Cette réponse est à mettre en regard des utilisations de la calculatrice, notamment dans le cadre des leçons dont les résultats s'affichent à droite. La calculatrice n'apparaît pas, ou peu, comme assistante aux apprentissages des leçons mais plus comme outil dans la résolution d'exercices et de problèmes comme montré ci-contre.

Ces résultats mettent en évidence le rôle tout à fait fondamental du professeur dans l'instrumentation des élèves. Lorsqu'un travail spécifique a été conduit par les enseignants concernant l'usage de la calculatrice et ses possibilités, les élèves s'engouffrent dans le chemin tracé et développent des com-

pétences qui peuvent d'ailleurs dépassées les compétences des enseignants, comme les observations de classe l'ont mis en évidence. Comme on pouvait s'y attendre, la calculatrice est massivement utilisée dans les contrôles (78/105), et dans les calculs, la calculatrice apparaît comme une aide permettant de contrôler des résultats que les élèves savent devoir calculer « à la main » : A la question, « Lorsque vous avez à calculer une dérivée, la calculatrice vous sert » :

- à vérifier le résultat trouvé à la main, 88/105 sont d'accord ou tout à fait d'accord ;
- à trouver d'abord le résultat pour savoir ce qu'il faut obtenir, 63/105 sont d'accord ou tout à fait d'accord ;
-

ce qui est confirmé par les réponses à la proposition :

- à rien, parce qu'il faudra de toutes façons calculer à la main, pour laquelle 16/105 sont d'accord ou tout à fait d'accord.

Mais peu d'élèves se servent de la calculatrice pour décomposer le calcul à réaliser à la main (32/105).

Les résultats précédents sont croisés avec les réponses aux questions posées uniquement dans le deuxième questionnaire et permettant de faire le point sur les opinions des élèves vis à vis de la calculatrice et qui sont résumés dans le graphique suivant :

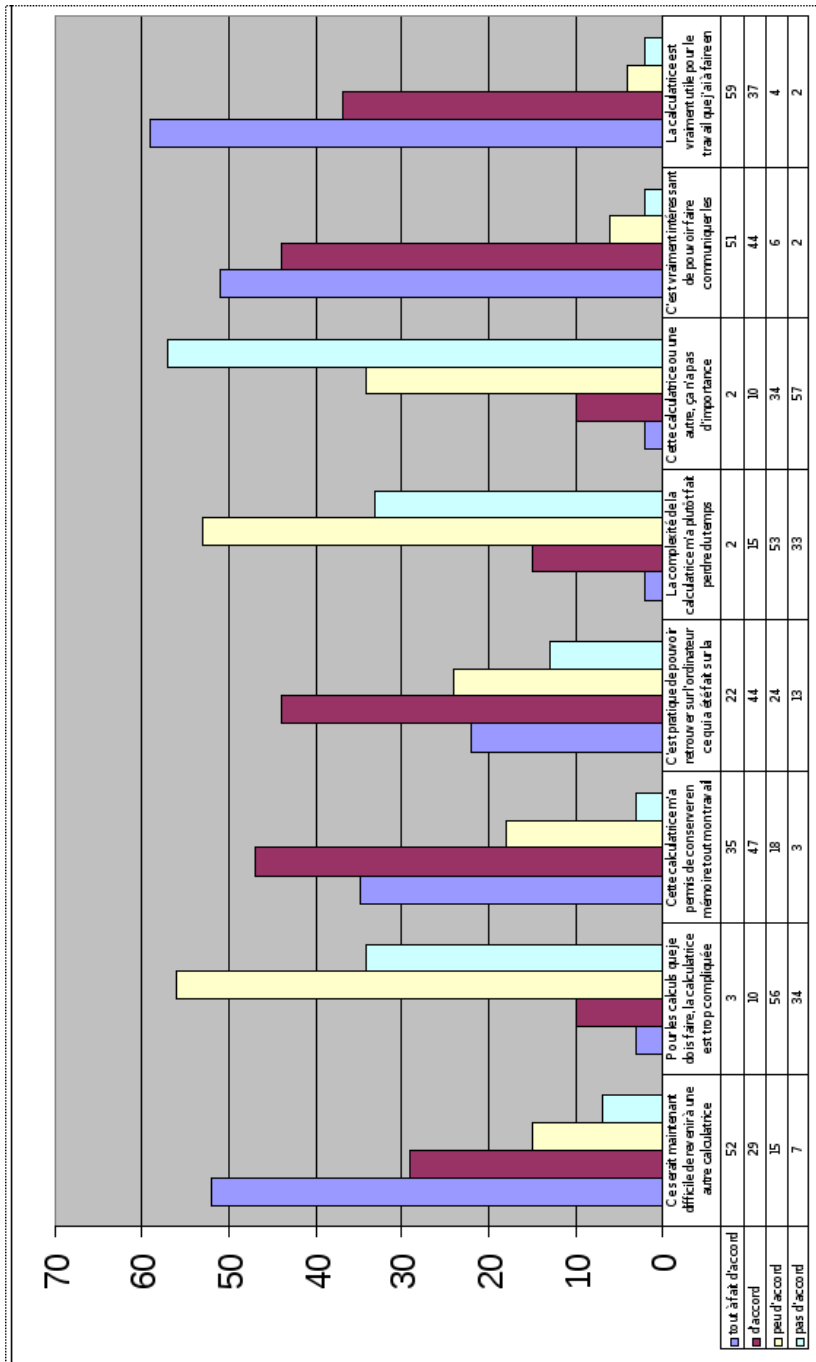


FIG. 5.6 – Evolution des opinions des élèves

Enfin, dans le questionnaire de juin, des questions ouvertes demandaient de préciser ce qui plaisait le plus et ce qui déplaisait le plus dans la calculatrice ; les résultats donnent des renseignements sur la réussite de l'intégration de la calculatrice et de la place de la technologie Nspire dans les apprentissages ; il apparaît que 32,4% des réponses citent d'une façon ou d'une autre l'intérêt de la calculatrice pour faire des mathématiques :

- *le fait qu'elle permette de vérifier les dérivées, limites ;*
- *les calculs d'intégrale, de dérivée, de limites ... pour vérifier les calculs fait à la main ou nous débloquent lors d'une recherche ;*
- *ce qui me plaît le plus dans cette calculatrice est la possibilité de vérifier les résultats trouvés à la main le jour de contrôle.*

Questionnaire, juin 2009

Souvent renforcé par la richesse des applications : 26% des réponses parlent des différentes applications permettant de faire des mathématiques et 6,1% évoquent les passages d'une application à l'autre :

- Programmes nombreux et très complets ;
- La possibilité de faire fonctionner en parallèle le tableur et le graphique ;
- Les différentes applications qui sont liées, tout ce qu'elle peut faire ;
- On peut vérifier tout nos calculs. Facilité de passer du graphe d'une fonction à un tableau et d'étudier cette fonction (limites, dérivée etc.).

Questionnaire, juin 2009

Par ailleurs sont souvent évoquées par les élèves (25% des réponses) les fonctionnalités de la calculatrice permettant de la comparer à un ordinateur, notamment pour classer les dossiers, faire des sauvegardes, faire un lien avec d'autres machines :

- *on peut tout faire, la navigation, semblable à celle d'un ordinateur ;*
- *système des classeurs, branchable sur l'ordinateur...* ;
- *cette machine a les mêmes fonctions que l'ordinateur, donc elle est plus facile à manipuler que les autres.*

Questionnaire, juin 2009

En revanche, les critiques émises portent beaucoup sur des problèmes d'ergonomie (61% des réponses) et notamment concernant la difficulté d'utilisation des touches de la calculatrice (31,6%) ou des piles (14,5%) ; par ailleurs les difficultés de prise en main apparaissent souvent (28,% des réponses) :

- *son poids, le nombre de touches du clavier et leur design ;*
- *design : (les boutons verts pour les lettres et la ponctuation sont vraiment trop petits. Autre : elle est beaucoup trop complexe, et surtout difficile à utiliser ;*
- *rien a part qu'il faut un certain temps pour s'y habituer et apprendre à s'en servir ;*
- *la complexité de certains calculs.*

Questionnaire, juin 2009

5.3.3 Entretiens

Les entretiens confirment l'aide que peut apporter la calculatrice dans les apprentissages :

Question : Est-ce que vous pensez qu'utiliser ce logiciel vous permet de comprendre un peu mieux ce que vous faites en maths ?

G2 : Ah beaucoup mieux ! Parce que, y'en a pour les contrôles ils apprennent par cœur alors si c'est le même exercice et ben, c'est facile, mais autant, quand on sait pas sur quoi on va tomber, comme là en fait, on n'est pas trop évaluer à donner des résultats, mais surtout à comprendre le résultat qu'on donne, en fait. Et ça, j'aime bien !

Interview G2, 19 mai

Dans certaines utilisations, les élèves programment la calculatrice, depuis des programmes très élémentaires (définition d'une fonction permettant d'obtenir le quotient et le reste dans une division euclidienne, par exemple) jusqu'à des programmes plus élaborés :

G3 : Oui, j'ai fait, y'en a un qui s'appelle " Diophante ", je crois.

Question : C'est pour la résolution des équations diophantiennes ?

G3 : Diophantiennes, oui, celui-là, je l'ai fait en m'aidant d'un autre programme que quelqu'un d'autre avait fait, et je me suis aidé de ce programme pour faire le mien ou sinon, après, j'ai fait des programmes basiques pour tirer un premier, la résolution d'équations, enfin. . .

Ce dialogue est à mettre en rapport avec les contenus des calculatrices qui permet de comprendre une instrumentalisation qui repose parfois sur une construction personnelle de fonction, des plus simples aux plus élaborées :

Define diveuc(a,b)=int(a/b),mod(a,b)

Calculatrice Az

Résolution des équations diophantiennes de la forme $ax + by = c$: programme réalisé par un élève de terminale (Voir annexe 3, page 115).

5.3.4 Eléments de conclusion

Il s'agit d'un résultat fortement attesté par les observations de cette étude : les élèves prennent en main et utilisent la calculatrice et le logiciel et s'en servent dans leur travail en classe et hors la classe.

Il apparaît que des difficultés de prise en main et/ou des incompréhensions de rétroactions peuvent mener à des réactions négatives quant à l'usage des machines. Les enseignants (et les élèves) se réfugiant alors derrière l'incompréhension instrumentale pour mettre en cause les apports d'une démarche d'expériences en mathématiques et revenir à des constructions hypothético-déductives dans certains cas plus rassurantes.

La dimension « cahier de brouillon » est très souvent présente dans la perception et l'utilisation de la calculatrice par les élèves. Les possibilités d'organisation interne, de communications entre machines ou entre machines

et ordinateur sont utilisées mais sous exploitées dans le cadre de la classe et on peut supposer qu'un accompagnement des enseignants est nécessaire pour prendre en compte ces dimensions de la technologie dans le cadre d'une intégration dans le cours de mathématiques.

En reprenant les contextes déjà présentés page 50 (Pédauque, 2006), les instrumentations du côté des professeurs et du côté des élèves se font de façons conjointes mais non toujours interactives, les interactions se plaçant dans un pôle de médiation collective alors que les instrumentations se développent aussi dans les contextes privés des enseignants et des élèves, ce que l'on a pu constater, notamment en observant les contenus des calculatrices, en particulier dans la dimension de mémoire des calculatrices. Le lien entre le pôle privé et le pôle collectif (et éventuellement public) qui pourrait enrichir les apprentissages dans certains cas ne semble pas avoir été mis en œuvre dans cette expérimentation ; les usages de la calculatrice dans les processus d'apprentissage restent limités au contexte collectif et sont peu accompagnés et institutionnalisés par les enseignants. Une étude plus approfondie sur les genèses conjointes pourraient prolonger ce travail :

- Quels sont les apports respectifs des genèses instrumentales des élèves et des professeurs dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ?
- Quels sont les constructions conjointes de documents utilisant la technologie Nspire ?

5.4 Q4. Quelles sont les changements de pratique qu'amène cette expérimentation pour les enseignants impliqués ? Quels sont les facteurs de cette évolution ?

Pour donner des éléments de réponse à cette question, nous nous appuyons sur :

- les observations de l'épreuve pratique de mathématiques (EPM) ;
- les questionnaires professeur.

5.4.1 Analyse

Il est difficile d'une façon générale de séparer les facteurs déterminants dans les changements de pratique des enseignants. Ces changements s'effectuent à long terme (plusieurs années) (Coulange et Grugeon 2008). En l'occurrence, deux éléments sont à prendre en compte dans l'observation du lycée Clemenceau : d'une part, institutionnellement, le lycée s'est engagé dans la mise en œuvre de l'épreuve pratique de mathématiques et d'autre part, les enseignants de mathématiques ont été partie prenante de l'expérimentation des TI-Nspire dans toutes les classes scientifiques du lycée. Il est clair que ces deux événements ne sont pas indépendants, mais il est difficile de discriminer lequel est cause des changements observés. Cependant, les observations et les questionnaires montrent que les pratiques des professeurs s'adaptent à ces nouvelles contraintes et prennent en compte les travaux existants en adaptant les pratiques anciennes. Mais l'appropriation lente de la technologie Nspire lié à plusieurs facteurs (§5.5, page 70) rend son intégration une tâche difficile pour les enseignants. Ce qui implique des changements de pratiques locaux et légers.

Dans leurs travaux dirigés et pratiques, les enseignants mettent en place dans la classe des situations expérimentales souvent calquées sur les épreuves d'évaluation publiées par le ministère. Si on peut penser que la forme figée de l'évaluation peut être un frein à des développements de recherches plus ouvertes prenant en compte les allers retours entre des phases expérimentales, théoriques et de rédaction, il n'en est pas moins vrai que les travaux proposés aux élèves² montrent que la dimension expérimentale des mathématiques est prise en compte dans cette expérimentation et que la technologie Nspire en est un vecteur fondamental.

Par exemple, nous remarquons un changement au niveau de l'utilisation de l'ordinateur par les enseignants. Dans le questionnaire 1 pour les professeurs, les réponses des enseignants sur le rôle de l'ordinateur dans leur préparation de cours ont été :

²Les enseignants de terminale S ont laissés à disposition l'ensemble des fiches de travaux dirigés et pratiques distribués aux élèves durant l'année.

Questionnaire 1

Rôle de l'ordinateur	effectifs
Principal	1
Marginal	4
Ça dépend	<i>dépend du sujet du cours</i>

TAB. 5.8 – Rôle de l'ordinateur dans la préparation des cours

En fonction de la fréquence d'utilisation de l'ordinateur pour la préparation de votre enseignement, pouvez-vous ordonner les années par ordre croissant

(Questionnaire 2)

2006/2007	1	1	1	1
2007/2008	1	2	2	2
2008/2009	1	3	3	3

TAB. 5.9 – Utilisation de l'ordinateur dans les trois dernières années par les enseignants

Dans le questionnaire 2, nous avons posé une question sur la fréquence d'utilisation de l'ordinateur dans les trois dernières années (Tableau 5.9).

Dans le questionnaire 1, 4 professeurs ont indiqué que le rôle de l'ordinateur est marginal dans la préparation de leurs cours. Nous remarquons que l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement était la plus fréquente cette année (Tableau 5.4). Pour déterminer de plus cette évolution, nous avons demandé aux enseignants de préciser les raisons de l'ordre qu'ils ont présenté :

- *les performances croissantes des outils et mon aisance à les utiliser en progrès ;*
- *l'épreuve pratique à préparer, et une formation qui m'a permis de progresser dans ce domaine et donc de m'investir de plus en plus ;*
- *...en 2008/2009, il a fallu préparer les TS à l'épreuve pratique et les familiariser avec Nspire.*

Questionnaire 2

D'après ces réponses, nous remarquons que ce changement est lié pour les uns à l'épreuve pratique expérimentale et pour les autres et leur engagement dans l'expérimentation.

En outre, le travail collectif dans le lycée a évolué localement. En ce qui concerne le rapport entre les collègues :

Si je savais dessiner, ce serait pour représenter un réseau de routes qui se côtoient, passent les unes au dessus ou au-dessous des autres et trop rarement se croisent.

Questionnaire 1

Cet état n'est pas resté le même à la fin de l'année. En répondant à la

question des apports de l'expérimentation aux rapports avec les collègues ont affirmé :

- *plus de communication* ;
- *plus de relation de travail* ;
- *un sujet commun de réflexion impulsant la nécessité d'un travail collaboratif*.

Questionnaire 2

5.4.2 Eléments de conclusion

Les facteurs de changement dans les habitudes d'enseignement sont multiples. Il apparaît très clairement que l'incitation institutionnelle est un moteur puissant de ces changements, comme en atteste l'omniprésence de l'EPM dans les motivations et les objectifs des activités proposées par les enseignants dans le cadre de cette expérimentation.

La diffusion de pratiques en lien avec les usages des calculatrices peut inciter aux changements, mais les changements ne peuvent aller à l'encontre ou être trop éloignés des conceptions des enseignants relatives à leur métier d'une part et à la discipline enseignée d'autre part ; cette diffusion ne peut se faire sans un accompagnement ayant comme point de départ les savoirs professionnels et les conceptions.

La présence des calculatrices bousculent les habitudes, mais nous avons remarqué la nécessité de mettre à disposition des enseignants des nouvelles sources de documentation qui peuvent les aider en s'appuyant sur leurs sources habituelles de documentation, pour accompagner progressivement les changements qui peuvent avoir lieu. Ces accompagnements peuvent être issus de formation mais aussi de mises en place de travaux de recherche-action, collectifs entre collègues d'un même lycée ou bien dans des cadres d'études en appui sur la recherche.

5.5 Q5. Quelle est l'histoire de cette expérimentation du point de vue de l'évolution des pratiques collectives ainsi que du développement, éventuel, du travail de conception de ressources (individuel et collectif) ?

Dans cette partie, nous présentons les grandes lignes de l'évolution au cours du temps :

- de l'instrumentation des enseignants par la technologie Nspire : découverte et prise en main de la technologie Nspire ;
- de la mobilisation de la technologie Nspire pour des besoins professionnels, en particulier dans les processus de conception de ressources adaptées ;
- des sources de documentation des professeurs, liée à l'utilisation de la technologie Nspire ;
- du travail collectif des enseignants, lié à l'expérimentation ;

5.5.1 Après quelques mois du début de l'expérimentation (décembre - janvier)

Entre décembre et janvier 2009, nous avons recueillis des données à plusieurs niveaux :

- entretiens à domicile avec Alexis, l'enseignant suivi individuellement ;
- questionnaire 1 à l'ensemble des professeurs ;

En ce qui concerne la source de documentation des enseignants expérimentateurs, nous remarquons (5.10) que, à cette période de l'année, leurs sources de documentation sont les ressources classiques : les programmes et documents d'accompagnements, les manuels scolaires. De plus, on peut noter que les enseignants expérimentateurs au lycée, en général, s'appuient sur des ressources élaborées les années précédentes (6). L'échange des ressources est faible (5) entre enseignants. Il semble que cela est dû à l'individualisation dans le travail des enseignants (§2.5). Les ressources rencontrées en formations (qui sont des formations à l'utilisation de la technologie Nspire, et formation sur l'EPM) ne font pas partie des sources de documentation de cinq des enseignants.

Le rôle de l'ordinateur dans la préparation de cours de la plupart des enseignants est marginal (tableau 5.11). Ceci, certes, a des retombées sur leur travail documentaire. Par exemple, quand on a demandé à Alexis, durant l'entretien 1 à domicile, de regarder la façon dont il rangeait ses ressources sur son ordinateur, il a répondu :

On peut y aller si tu veux, . . . , tu vas rigoler. . . Je ne sais pas si sur cet ordinateur il y a des trucs !

Entretien à domicile, décembre

Source de documentation des professeurs,
Questionnaire 1 (7 réponses)

Source de documentation	Faible	Forte
Les programmes et/ou les documents d'accompagnement	-	5
Les manuels scolaires de la classe	3	3
Des manuels scolaires autres que ceux dont disposent les élèves	1	5
Des ressources en ligne	5	1
Des ressources que vous avez élaborées dans les années précédentes	1	6
Des ressources échangées avec des collègues	6	1
Des ressources rencontrées en formation	5	1

TAB. 5.10 – Source de documentation des professeurs, décembre

Rôle de l'ordinateur dans la préparation du cours,
Questionnaire 1 (7 réponses)

Rôle de l'ordinateur	%
Principal	1
Marginal	4
Ça dépend du sujet du cours	1

TAB. 5.11 – Rôle de l'ordinateur dans la préparation de cours, décembre

A ce moment de l'année, l'utilisation de la technologie par les enseignants n'était pas fréquente (tableau 5.12) : des utilisations occasionnelles du logiciel TI-Nspire par la plupart des enseignants, tandis que l'utilisation de la calculatrice est un peu plus fréquente. Alexis annonce que :

L'apport par exemple de l'outil informatique... je veux rester honnête, par rapport à mes pratiques... c'est un apport minime... peut être je ne suis pas encore assez convaincu pour travailler là dedans.

Entretien à domicile, décembre

Il présente ainsi une des raisons de réticence, liées à sa vision de l'enseignement des mathématiques et à ses pratiques effectives.

Questionnaire 1

Fréquence d'utilisation par le professeur	Jamais	Parfois	Souvent	Très souvent
de la calculatrice	-	4	1	1
du logiciel	-	5	-	-

TAB. 5.12 – L'utilisation de la technologie Nspire, décembre

D'autres raisons de la lente prise en main de la technologie Nspire, à ce moment de l'année, sont liées à des difficultés rencontrées par les enseignants. Parmi les difficultés citées : « *on a trop d'élèves et pas assez de temps, vu*

leur niveau et celui qu'il serait bon d'atteindre en S » ; l'originalité de la technologie Nspire implique du temps dans la prise en main de la calculatrice.

L'engagement collectif dans cette expérimentation, est demeuré faible (tableau 5.13). Pour des enseignants ayant une faible intégration de la technologie dans leur activité professionnelle, le travail avec des collègues paraît important pour surmonter les difficultés de prise en main et d'intégration de cette technologie. Nous avons demandé aux enseignants de situer par une représentation schématique le groupe des enseignants expérimentateurs au lycée Clemenceau. Comme nous l'avons noté (§5.3), les enseignants n'ont pas tracés des schémas. Nous faisons l'hypothèse que ceci est lié à des difficultés d'instrumentation du logiciel de traitement de texte. Mais parmi les réponses obtenues, une phrase qui représente ce que pense un enseignant du travail collectif avec les collègues :

Si je savais dessiner, ce serait pour représenter un réseau de routes qui se côtoient, passent les unes au dessus ou au-dessous des autres et trop rarement se croisent.

Questionnaire 1

Questionnaire 1

Travail avec	Non	Rarement	Souvent	Très souvent
Collègue expérimentant TI-Nspire	-	4	3	-
Enseignant de mathématiques	1	4	1	-
Autres collègues	2	3	1	-

TAB. 5.13 – Travaillez-vous avec d'autres collègues au lycée Clemenceau ?

A ce moment de l'histoire de l'expérimentation, nous remarquons que l'appropriation de la technologie n'est pas très avancée pour la plupart des enseignants. Cela nous semble normal, parce que la technologie Nspire est la première technologie vraiment mobilisée dans leur travail d'enseignement. On fait l'hypothèse que la complexité de la technologie aurait demandée une mise en commun des travaux des enseignants, ce qui n'a pas été le cas au lycée Clemenceau. Il y avait un engagement effectif de tous les enseignants dans l'expérimentation mais individuel. Nous constatons que l'appropriation lente de la technologie peut être lié à un diagnostic préalable trop optimiste quant aux difficultés de prise en main et d'usage dans l'enseignement de la technologie, ainsi que le travail à caractère individuel de l'enseignement.

5.5.2 Au mois de février

Dans cette partie, les données recueillies sont issues du QBM. Nous avons reçu huit réponses à ce questionnaire.

Les échanges entre les enseignants expérimentateurs pour la prise en main de la technologie ont évolué (tableau 5.14). En ce qui concerne les ressources,

les ressources échangées pour la prise en main de la technologie sont, pour quelques uns, celles provenant de la formation interne au lycée ainsi que le manuel d'utilisation de la technologie Nspire

Utilisation de ressources pour la prise en main de la technologie :

- documents de formation interne à Clemenceau (cité 2 fois);
- manuel d'utilisation (cite 2 fois).

QBM (8 réponses)				
	Pas du tout	Rare	Souvent	Très souvent
Echanges pour la prise en main de la technologie entre enseignants expérimentateurs	-	2	6	-

TAB. 5.14 – Échanges pour la prise en main de la technologie par les enseignants, février

A ce moment de l'année, au niveau des sources de documentation, nous avons remarqué une diversification des sources : le site de Texas Instruments, les TP de l'épreuve pratique de baccalauréat, ainsi que des premiers essais individuels de conception de ressources. Dans les réponses à une question, s'ils ont commencé à construire des documents utilisant la technologie Nspire dans l'enseignement (tableau 5.15) nous avons remarqué l'existence d'essais au niveau individuel même si les échanges et le travail collectif entre les enseignants jusqu'à ce moment de l'année restent relativement faibles.

5.5.3 Au mois de mars

Traditionnellement les élèves de terminale dans les lycées français passent au mois de mars une épreuve dite « bac blanc » qui se veut une répétition générale du baccalauréat. Les élèves sont mis dans les conditions de l'examen.

QBM		
Conception des ressources utilisant la technologie Nspire	oui	Non
Pour votre travail d'enseignement	5	3
Pour le groupe des enseignants expérimentateurs	1	6

TAB. 5.15 – Conception de ressources utilisant la technologie Nspire, février

La préparation des sujets demande un travail collectif de la part des enseignants. En l'occurrence, pour concevoir le sujet commun, chaque enseignant de terminale a proposé des exercices, puis des modifications pour ajuster l'épreuve prévue à son enseignement. Ensuite dans une deuxième réunion, l'ensemble des professeurs a construit la première version du sujet, suivie de révisions des versions. Les résultats de ce contrôle selon les mots d'Alexis : « pas brillants, parce qu'il y a trop d'exercices difficiles ». Il annonce que les discussions entre les enseignants n'ont pas été suffisantes pour élaborer un sujet équilibré :

Il n'y a pas une tradition du travail en équipe, ça ne fait pas partie de la culture de l'établissement.

Entretien avant observation, mars 2009

Dans ce sujet, Jean a proposé un problème contenant une partie expérimentale, utilisant la calculatrice Nspire. Lors d'un bilan oral de l'expérimentation, Jean a signalé que cet exercice avait été source de problème, les arguments étant que les élèves n'avaient pas été préparés à ce type d'exercice. C'est certainement une raison importante ; le bac blanc apparaît comme une répétition générale du baccalauréat et que ce type d'exercice mettant en jeu la technologie ne fait pas partie des exercices habituels de l'examen.

Deux résultats importants à tirer de ce phénomène :

- à ce moment de l'année, les enseignants n'ont pas été en position d'accompagner la genèse instrumentale des élèves, ainsi que la mobilisation de la technologie Nspire dans des propres processus d'apprentissage des mathématiques ;
- les échanges entre les enseignants sont encore en germe. Mais, nous notons que la conception du sujet de « bac blanc » était un révélateur des premiers réseaux d'échanges professionnels qui viennent de s'établir entre les enseignants.

5.5.4 Avril et mai : l'épreuve pratique expérimentale

Pour la préparation de l'épreuve expérimentale, les enseignants se sont appuyés sur les épreuves pratiques expérimentales des années précédentes, ainsi que sur d'autres ressources (issues de la formation interne, ressources e-CoLab, . . .). Ceci a poussé les enseignants à faire avancer leur usage de la technologie Nspire : la préparation de leurs élèves à l'épreuve expérimentale constitue un engagement sincère dans l'accompagnement des processus d'apprentissage.

Notre suivi de cette EPM expérimentale a montré une réunion des enseignants du lycée pour faire réussir cette EPM aux niveaux institutionnels et organisationnels : des réunions pour l'organisation de la journée, un partage de rôle entre les professeurs, une sélection de sujets. Après quoi, chaque enseignant a pris à sa charge la préparation d'un nombre de sujets pour participer au jury le jour de l'épreuve expérimentale.

La préparation de l'EPM expérimentale a été une occasion de mobilisation par les enseignants de la technologie pour des besoins professionnels, fréquemment tout au long d'une période significative (un mois). Ceci a favorisé les échanges entre eux, plus particulièrement à propos de ce que fait chacun dans sa classe.

5.5.5 Juin et juillet : fin de l'expérimentation

Nous faisons le point sur l'histoire de cette expérimentation à partir des données recueillies :

- de l'entretien 2 à domicile avec Alexis qui s'est déroulé au mois de juin ;
- des réponses données au questionnaire 2 (5 réponses sur 10 professeurs).

D'après les réponses que nous avons recueillies au questionnaire 2, la source de documentation des enseignants expérimentateurs n'a pas bien évolué, (tableau 5.16). Par contre, les réponses à une question posée sur les sources de documentation pour la préparation des séances faisant intervenir la technologie Nspire, ont révélé des évolutions : épreuves pratiques des années précédentes, discussions et échanges avec des collègues, ressources rencontrées dans la formation interne au lycée, « adaptation d'anciennes fiches ». En outre, Alexis, lors de l'entretien 2 a évoqué les « site de TI » où se trouvent les corrigés des EPM des années précédentes.

Questionnaire 2 (5 réponses)

Source de documentation	Pas du tout	Faible	Forte
Les programmes et/ou les documents d'accompagnement	-	-	4
Les manuels scolaires de la classe	1	1	2
Des manuels scolaires autres que ceux dont disposent les élèves	1	1	1
Des livres de mathématiques	-	3	-
Des ressources en ligne	-	4	-
Des ressources que vous avez élaborées dans les années précédentes	-	1	3
Des ressources échangées avec des collègues	-	3	1
Des ressources rencontrées en formation	-	3	1

TAB. 5.16 – Source de documentation des enseignants expérimentateurs, juin - juillet

Questionnaire 2 (5 réponses)

Engagement dans l'expérimentation et changement de préparation de cours	%
Oui	1

TAB. 5.17 – Engagement dans l'expérimentation et changement de préparation de cours

Questionnaire 2 (5 réponses)

Fréquence d'utilisation par le professeur	Jamais	Parfois	Souvent	Très souvent
de la calculatrice	-	3	1	-
du logiciel	-	2	2	-

TAB. 5.18 – d'utilisation de la technologie Nspire par les professeurs, juin - juillet

L'engagement dans l'expérimentation n'a pas conduit à des changements profonds dans la préparation de cours chez les enseignants (Tableau 5.17), on fait l'hypothèse que cela est lié à l'idée que l'engagement dans cette expérimentation est perçu comme un travail détaché des pratiques professionnelles habituelles.

Au niveau des fréquences d'utilisation de la technologie Nspire par les enseignants, nous remarquons une évolution surtout au niveau de l'utilisation du logiciel, lié à la préparation de l'EPM. Dans des réponses au questionnaire 2, un enseignant a indiqué que :

L'épreuve pratique à préparer, et une formation qui m'a permis de progresser dans ce domaine et donc de m'investir de plus en plus.

Questionnaire 2, juin-juillet 2009

Au niveau des difficultés rencontrées, par les enseignants, dans leur utilisation de la technologie Nspire, est évoquée « la conception de ressources adaptées à cette technologie ». Si nous examinons le degré de coopération entre les enseignants pour surmonter cette difficulté (ou autres types de difficulté), nous remarquons que les enseignants ont gardé une certaine individualisation dans leur travail. Ceci se présente d'une façon plus directe dans les réponses à une question : avec qui les enseignants travaillent-ils ? Et avec quelle fréquence ? Malgré cela, nous remarquons l'existence d'un dynamisme « léger » au niveau du travail collectif dès le début de l'année³. Ceci se présente encore dans les réponses des enseignants sur les apports de l'expérimentation de la technologie Nspire à la vie du lycée :

Plus de relation de travail ;

³Ce dynamisme se développe en début de l'année 2009/2010 comme nous en a fait part Jean lors d'une rencontre en septembre 09.

Plus de communication.

Questionnaire 2

Comment avez-vous essayé de surmonter les difficultés que vous avez rencontrées ?

Questionnaire 2 (5 réponses)

Pour surmonter les difficultés	Jamais	Parfois	Souvent	Très souvent
Recours au site de Texas Instruments	2	2	-	-
Demande une aide d'un collègue au lycée	1	1	2	-
Demande une aide d'un collègue hors lycée	4	-	-	-
Essai individuel de surmonter les difficultés	-	-	3	1
Discussion avec un enseignant qui rencontre les mêmes difficultés	-	2	1	-

TAB. 5.19 – Surmonter les difficultés d'utilisation de la technologie Nspire par les enseignants, juin - juillet

Travail avec	Non	Rarement	Souvent	Très souvent
Collègue expérimentant TI-Nspire	-	40%	40%	-
Enseignant de mathématiques	-	40%	20%	-
Autres collègues	-	40%	20%	-

TAB. 5.20 – Travail collectif des enseignants expérimentateurs, juin - juillet

Un enseignant nous a envoyé un mail, en donnant des raisons pour lesquelles il n'a pas renseigné le questionnaire. Il a indiqué qu'il a peu utilisé la technologie Nspire, malgré son intérêt. Il a cité des contraintes liées au temps et au nombre d'élèves en classe. Cette réponse résume les points forts synthétiques de l'histoire des grandes lignes de cette expérimentation.

5.5.6 Synthèse de l'histoire de l'expérimentation

Les enseignants avaient une faible intégration de la technologie dans leur travail d'enseignement. La technologie Nspire est originale et complexe. L'utilisation professionnelle de cette technologie constitue un saut « grand

et brusque » au niveau de leurs pratiques (prise en main de la technologie, restructuration des ressources, retour réflexif sur de nouvelles pratiques, nouveaux gestes professionnels en classe et hors classe).

L'optimisation du temps d'appropriation, dans le but d'une réussite de l'intégration institutionnelle, demande un certain type de coopération entre les enseignants (échanges d'idées et de ressources, réunions, discussions, etc.), ce qui était absent au lycée dans les premiers mois de l'expérimentation. La situation a changé dans la deuxième moitié de l'année : nous avons remarqué une évolution au niveau des sources de documentation, au niveau de la genèse instrumentale, au niveau du travail collectif sous des contraintes et sollicitations institutionnelles.

Nous avons présenté, dans cette partie un tour panoramique sur les grandes lignes du déroulement de l'expérimentation tout au long de cette année du côté des enseignants expérimentateurs.

5.5.7 Éléments de conclusion

L'histoire de cette expérimentation du point de vue des pratiques et des conceptions collectives de ressources a pu être suivie à travers les déclarations des enseignants dans les entretiens et les questionnaires, mais aussi à travers les fiches données aux élèves et à l'épisode de l'Épreuve Pratique de Mathématiques. Il est important de noter que les évolutions sont lentes et que l'empan d'une année scolaire permet de faire émerger des mouvements dont les amplifications sont à confirmer.

La prise en main de la technologie Nspire suppose un travail d'échanges et d'interactions entre les enseignants utilisateurs (dans un même lycée ou plus largement). L'évolution vers un réel travail collectif ne va pas de soi et même dans une situation parfois déstabilisante pour les professeurs. Des conditions d'émergence de ce travail collectif nécessitent la présence :

- d'un projet mis en place et accepté par les membres du collectif ;
- d'une sollicitation institutionnelle poussant l'enseignant à s'adapter dans le nouveau milieu « déstabilisé ».

La présence d'un accompagnement professionnel peut optimiser le temps de la prise en main de la technologie. Cet accompagnement peut être interne (entre les enseignants du lycée) ou externe (par des experts).

La grande originalité de la TI-Nspire peut être un frein à son intégration du fait de la distance entre ses potentialités et les habitudes professionnelles des enseignants. Il ressort de notre étude que le développement des systèmes de ressources est un phénomène lent et continu s'appuyant sur les gestes professionnels construits en interaction avec les élèves. Il est probable que des modifications de l'ergonomie de la calculatrice en permettant une première prise en main plus proche de celle des calculatrices « ordinaires » (TI 82-83 ou 89, voyage) pourraient faciliter l'intégration en réduisant le saut et en permettant une approche plus continue des potentialités innovantes de la

technologie.

5.6 Q6. Quelles ressources pédagogiques sont utilisées par les enseignants et par les élèves ? Quelle est l'évolution des sources de documentation des professeurs ?

Nous présentons les réponses à cette question en fonction des réponses recueillies par :

- les questionnaires des professeurs ;
- les questionnaires élèves ;
- le suivi de l'EPM ;
- les entretiens avec les professeurs ;
- les ressources utilisées par les professeurs.

Pour parler des ressources utilisées par les professeurs, nous commençons par évoquer l'évolution de sources de documentation, ensuite nous parlerons de l'évolution des formes et modèle de ressources construites, pour terminer par parler de l'évolution de contenu de ressources.

5.6.1 Source de documentation

Les enseignants sont entrés dans l'expérimentation, au début de l'année, avec des sources de documentation classique (programmes, manuels scolaires, propres ressources élaborées dans les années précédentes) (tableau 5.10, page 71). Au niveau de l'ensemble des enseignants, nous n'avons pas remarqué des évolutions significatives dans leurs sources de documentation (tableau 5.16, page 75). Les évolutions locales que nous avons repérées s'inscrivent dans la cadre des ressources distribuées lors de la formation interne du lycée que les enseignants ont suivie sur l'utilisation de la technologie Nspire (page 16), ainsi que les sujets de l'EPM des années précédentes trouvés sur des sites institutionnels. Les réponses à une question sur leurs ressources pour la préparation des séances avec la technologie Nspire indique :

- des ressources rencontrées en formation, adaptation d'anciennes fiches, sujets d'épreuve expérimentale au bac ;
- épreuves pratiques des années précédentes ; stages de formation avec Jacques Salles ; discussions et échanges avec des collègues ;
- corrigés d'Epreuves Pratiques sur le site.

Questionnaire 2

Les nombres des réponses recueillies dans le questionnaire 2 ne nous donnent pas une idée claire de la nature des évolutions existantes dans ce domaine. Pour cela on recourt, dans la suite à faire des zooms sur les sources de documentations de deux professeurs suivi individuellement : Alexis et Marie.

Dans l'entretien fait à la fin de l'année avec Alexis, il a cité des sites comme « Sites TI » et site « Eduscol » pour chercher des ressources utilisables dans l'élaboration des fiches pour la construction des TP en vue de

la préparation de l'EPM.

Dans les critères cités par les enseignants sur les critères caractérisant les bonnes ressources, nous remarquons que les réponses mettent en avant les élèves :

- ce qui favorisera une activité maximale et de préférence autonome chez l'élève ;
- simplicité, clarté, adaptation aux élèves « réels » ;
- efficacité en classe (facilite la compréhension des notions abordées, favorise les prises de paroles, les interactions dans la classe, . . .) ;
- facilité d'utilisation devant les élèves ou par les élèves (suivant le dispositif).

Questionnaire 1

Ce critère qui prend en compte les élèves a existé même dans les réponses au deuxième questionnaire :

. . .qu'elle permette à une majorité d'élèves, par l'activité mathématique qu'elle procure, d'apprendre quelque chose de nouveau. . . Questionnaire 2

Une réponse met en avant le travail avec le collègue :

Rend possible la mutualisation sans nécessiter un travail d'appropriation lourd ;

Questionnaire 1

Dans une perspective de mutualisation ou d'échange, la qualité de ressources est liée, d'une certaine façon, à leur forme (par exemple, l'utilisation de modèle existant SFoDEM, e-coLab) et leur fond (contenu mathématique, adéquation aux programmes, adaptation à l'usage de la technologie). Dans ce qui suit, nous présentons les formes de ressources construites par les enseignants, en particulier Alexis et Marie.

5.6.2 Évolution des formes de ressources construites

Les propres ressources des enseignants, élaborées dans les années précédentes sont : des fichiers manuscrites ; des fichiers construites par « couper/coller » ; des fichiers mixtes (parties manuscrites et partie « couper/coller ») (5.7). Ceci a rendu l'importance de l'ordinateur comme support de ressources, marginal :

O : tu conserves des fichiers en version numérique ?

Alexis : oui, mais c'est complètement anarchique. Là, en version papier c'est bien. . .

Entretien 1 à domicile, décembre 2008

Les classeurs sont un support principal pour le rangement des ressources :

O : tu utilises des classeurs pour ranger tes fichiers papiers depuis longtemps ?

Alexis : oui, oui, c'est un support principal

Entretien 1 à domicile, décembre 2008

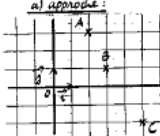
Ces ressources sont formées, pour Alexis, des fichiers élèves seulement :

Ce genre de fiche scénario je ne l'ai jamais fait dans ma vie parce que je ne suis pas sorti de l'école de l'IUFM. Pour moi, j'étais 4 ans maître auxiliaire, puis après j'ai passé mon concours. Donc si tu veux, ce genre de fiche, de scénario et tout ça est dans ma tête.

Entretien avant observation, mars 2009

Repères & coordonnées

1. Repère du plan
 \vec{u}, \vec{v} un repère du plan est un triplet (O, \vec{u}, \vec{v}) où O est un point du plan (appelé origine du repère) et \vec{u} et \vec{v} deux vecteurs non colinéaires.
 repère orthogonal : les axes du repère (Ox) et (Oy) sont perpendiculaires
 repère orthonormal : repère orthogonal, de plus $\|\vec{u}\| = \|\vec{v}\| = 1$.

2. Coordonnées
 a) approche :

 compléter les pointillés :
 $\vec{OA} = \dots \vec{u} + \dots \vec{v}$
 $\vec{OB} = \dots \vec{u} + \dots \vec{v}$
 $\vec{OC} = \dots \vec{u} + \dots \vec{v}$

b) théorème 1.
 Soit (O, \vec{u}, \vec{v}) un repère du plan. Pour tout point M , il existe un unique couple (x, y) de réels tels que $\vec{OM} = x\vec{u} + y\vec{v}$.
 Remarque : on dit que M a pour coordonnées (x, y) . Le point M et le vecteur \vec{OM} ont mêmes coordonnées : (x, y) .

3 propriétés des coordonnées

théorème 2 soit deux vecteurs $\vec{u}(x, y)$ et $\vec{v}(x', y')$
 $\vec{u} = \vec{v}$ équivaut à $x = x'$ et $y = y'$
 $\vec{u} = k\vec{v}$ équivaut à $x = kx'$ et $y = ky'$
 $\vec{u} + \vec{v}$ a pour coordonnées $(x+x', y+y')$
 $k\vec{u}$ (k réel) a pour coordonnées (kx, ky) .

théorème 3 : $A(x_A, y_A)$ et $B(x_B, y_B)$
 le vecteur \vec{AB} a pour coordonnées $(x_B - x_A, y_B - y_A)$
 le milieu I de $[AB]$ a pour coordonnées
 $x_I = \frac{x_A + x_B}{2}$ $y_I = \frac{y_A + y_B}{2}$

démonstration du théorème 3

langage des vecteurs	langage des coordonnées
$\vec{AB} = \vec{OB} - \vec{OA}$	$\vec{AB}(x_B - x_A, y_B - y_A)$
$= \dots \vec{u} + \dots \vec{v} - (\dots \vec{u} + \dots \vec{v})$	
$\vec{O} = \frac{1}{2}(\vec{OA} + \vec{OB})$	$I(\frac{x_A + x_B}{2}, \frac{y_A + y_B}{2})$
$= \frac{1}{2}[(\dots \vec{u} + \dots \vec{v}) + (\dots \vec{u} + \dots \vec{v})]$	

4 condition analytique de colinéarité
 a) approche :
 \vec{u} et \vec{v} sont colinéaires si et seulement si il existe $k \neq 0$ tel que $\vec{u} = k\vec{v}$
 $\vec{u}(x, y)$ et $\vec{v}(x', y')$ que doit de x, x', y, y' et y' ?

Fiches de cours manuscrites (Alexis, classe seconde)

Fiche d'exercices N°22

Langage des points, droites	Langage des vecteurs	Langage des coordonnées
1) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 2) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 3) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 4) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 5) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 6) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 7) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$.	<p>Les coordonnées de \vec{AB} et \vec{AC} sont proportionnelles.</p> <p>$\vec{AB} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix}$</p> <p>$\vec{AC} = \begin{pmatrix} 4 \\ 4 \end{pmatrix}$</p> <p>$\vec{AB} = \frac{1}{2} \vec{AC}$</p>	<p>Les coordonnées de \vec{AB} et \vec{AC} sont proportionnelles.</p> <p>$\vec{AB}(2, 2)$</p> <p>$\vec{AC}(4, 4)$</p> <p>$\vec{AB} = \frac{1}{2} \vec{AC}$</p>
8) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 9) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 10) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 11) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 12) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 13) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$. 14) Soit $A(1, 2), B(3, 4), C(5, 6)$.	<p>Les droites (AB) et (CD) sont parallèles.</p> <p>Les vecteurs \vec{AB} et \vec{CD} sont colinéaires.</p> <p>Les coordonnées des vecteurs \vec{AB} et \vec{CD} sont proportionnelles.</p>	<p>Les droites (AB) et (CD) sont parallèles.</p> <p>Les vecteurs \vec{AB} et \vec{CD} sont colinéaires.</p> <p>Les coordonnées des vecteurs \vec{AB} et \vec{CD} sont proportionnelles.</p>

Fiche exercice mixte (Alexis, classe seconde)

Fiche « couper/coller » (Alexis, classe seconde)

80. ABC est un triangle. D, E, F sont les milieux des côtés BC, CA, AB respectivement. Montrer que DEF est un triangle équilatéral.

81. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

82. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

83. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

84. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

85. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

86. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

87. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

88. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

89. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

90. Soit ABC un triangle. On construit le rectangle ADEF. Montrer que les diagonales AC et BE se coupent en leur milieu.

Fiche « couper/coller » (Alexis, classe seconde)

FIG. 5.7 – Type de fiches élaborées dans les années précédentes à l'expérimentation, Alexis

L'engagement dans l'expérimentation de la technologie suppose un changement des habitudes professionnelles, en particulier dans la conception des ressources adaptées. Nous avons remarqué une évolution dans ce domaine. En mois de Janvier, Marie a conçu des ressources pour un TP en salle informatique. Ces ressources (voir 5.8) ont la même forme de ceux cités ci-dessous. Mais une légère variation apparaît : la présence des images prises du logiciel (figures géométriques et tableurs), mais toujours sous la forme d'un montage manuel « couper/coller ».

Optimisation et complexité

Dans une salle informatique classée, on considère le point A et B d'abscisses $x_1=1$ et $x_2=2$. On suppose le plan cartésien \mathcal{P} de la figure.

1. Construire les représentations de A et B .
2. On considère le point M d'abscisse x sur \mathcal{P} . Justifier que M appartient à la droite \mathcal{D} de coordonnées (x, x) si et seulement si M est le milieu de AB .

Représentation de la figure et conjectures

On est en géométrie analytique et géométrie.

1. Montrer que l'origine O est le milieu de AB .

2. Conjectures : plan représentatif des points (cette partie), les nombres associés, faire apparaître des relations et conjectures (cette partie, en utilisant les coordonnées).

3. Trouver le cercle \mathcal{C} (cercle de centre O qui passe par A et B) et tracer le segment OM .

Le but de TP est d'étudier la variation de f en fonction de x .
 Si $f(x)$ est une fonction qui de mesure des angles géométriques (cette mesure est un angle mesuré à partir de O par M).

Conjectures : la mesure de cet angle A et celle de point M .
 Montrer la relation.

x	f(x)
0.0000	0.0000
0.0001	0.0001
0.0002	0.0002
0.0003	0.0003
0.0004	0.0004
0.0005	0.0005
0.0006	0.0006
0.0007	0.0007
0.0008	0.0008
0.0009	0.0009
0.0010	0.0010
0.0011	0.0011
0.0012	0.0012
0.0013	0.0013
0.0014	0.0014
0.0015	0.0015
0.0016	0.0016
0.0017	0.0017
0.0018	0.0018
0.0019	0.0019
0.0020	0.0020
0.0021	0.0021
0.0022	0.0022
0.0023	0.0023
0.0024	0.0024
0.0025	0.0025
0.0026	0.0026
0.0027	0.0027
0.0028	0.0028
0.0029	0.0029
0.0030	0.0030
0.0031	0.0031
0.0032	0.0032
0.0033	0.0033
0.0034	0.0034
0.0035	0.0035
0.0036	0.0036
0.0037	0.0037
0.0038	0.0038
0.0039	0.0039
0.0040	0.0040
0.0041	0.0041
0.0042	0.0042
0.0043	0.0043
0.0044	0.0044
0.0045	0.0045
0.0046	0.0046
0.0047	0.0047
0.0048	0.0048
0.0049	0.0049
0.0050	0.0050

FIG. 5.8 – Fiche élève, Marie, Janvier 2009

Dans la suite, nous avons remarqué des évolutions dans des directions différentes dans la construction de Marie et Alexis (5.9). Pour Marie, le modèle de ressources évolue dans le sens de modèle de ressources de l'équipe e-CoLab (dont Jean fait partie), avec une fiche élève et une fiche technique. Tandis que pour Alexis, l'évolution vient dans la forme : les fiches sont numériques, écrites avec un logiciel de traitement de texte avec des captures d'écran du logiciel.

D'après ce que nous avons présenté, nous pouvons en déduire que l'évolution d'un modèle de ressources et de sa forme, est liée étroitement aux habitudes professionnelles et s'inscrit dans sa continuité.

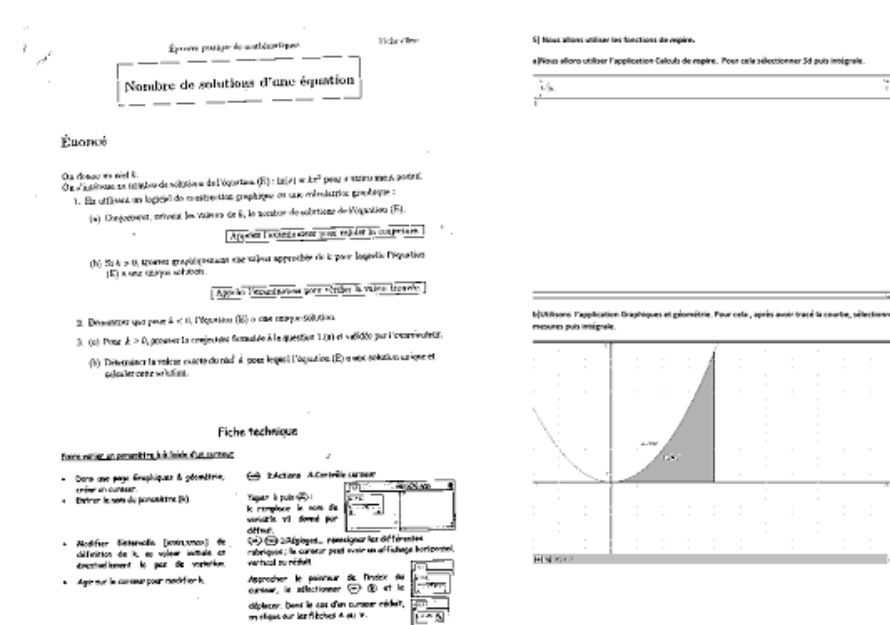


FIG. 5.9 – Evolution des ressources de Marie (à gauche) et Alexis (à droite)

5.6.3 Evolution du contenu des ressources en lien avec la technologie Nspire

Les ressources adaptées à la technologie Nspire sont les ressources exploitant les potentialités de cette technologie :

Une ressource qui exploite le potentiel de ce logiciel (et donc, pour celui-ci par rapport à d'autres, une ressource qui met en œuvre plusieurs applications et tire parti des inter relations engendrées de l'une à l'autre.

Questionnaire 2.

La conception des ressources adaptées à la technologie Nspire a constitué une des grandes difficultés pour les enseignants lors du travail avec la technologie Nspire (voir 5.21). On désigne par « adaptabilité des ressources », l'adaptabilité des tâches mathématiques à réaliser en regard des potentialités de la technologie.

Comme nous l'avons déjà signalé (page 54), les enseignants distinguent entre partie expérimentale et partie théorique (qui est considérée comme les « vraies mathématiques »). Cette distinction entre les deux aspects apparaît dans les ressources conçues par les professeurs.

L'évolution du contenu de ressources est liée à l'évolution de l'instrumentation de cette technologie par les enseignants, ainsi qu'à l'évolution de la vision de la technologie et son rôle dans le travail de l'enseignant.

La présentation du contenu mathématique dépend du public auquel est

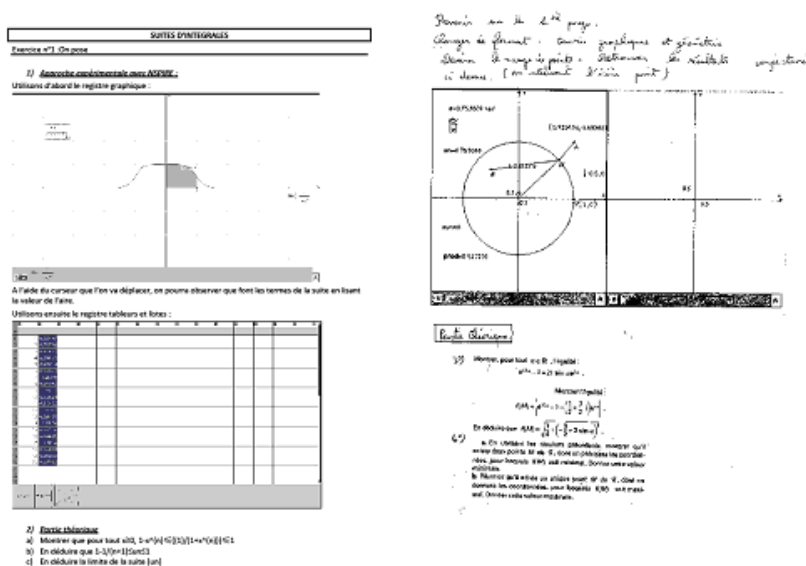


FIG. 5.10 – Des extraits de ressources : distinction entre partie expérimentale et autre théorique

destinée cette ressource, ainsi qu'aux supports dans lesquels les ressources sont gardées. Au début de l'expérimentation, le système de ressource d'Alexis était basé fortement sur les fiches papiers élaborées dans les années précédentes. Ces fiches papiers sont rangées dans des classeurs, chacun correspondant à une classe. Pour construire une ressource pour enseigner, Alexis prend un ensemble des ressources, les combine ou les met à jour, il les imprime puis les distribue aux élèves. Ces ressources sur l'ordinateur étaient sous la forme de traces non rangées :

O : sur l'ordinateur comment sont rangées les fiches ?

Alexis : N'importe comment... je fais parfois des choses mais... peut être que cette année en Terminale S à cause de l'épreuve pratique que je peux avoir des choses à faire, peut être que je peux m'y mettre, mais je ne te le garantie pas. Je ne te garantie pas... je ne peux pas te le dire... je ne sais pas, parce que ça va dépendre est-ce que c'est absolument nécessaire ? Est-ce qu'il faut le faire impérativement ? C'est ça la question. Pour l'instant, je ne suis pas encore convaincu... et comme je ne suis pas convaincu, je ne le fais pas.

Entretien 1 à domicile, décembre 2008

Nous remarquons aussi dans la RSSR que les ressources sur ordinateur sont, dans leur majorité, envoyée vers les collègues (90%).

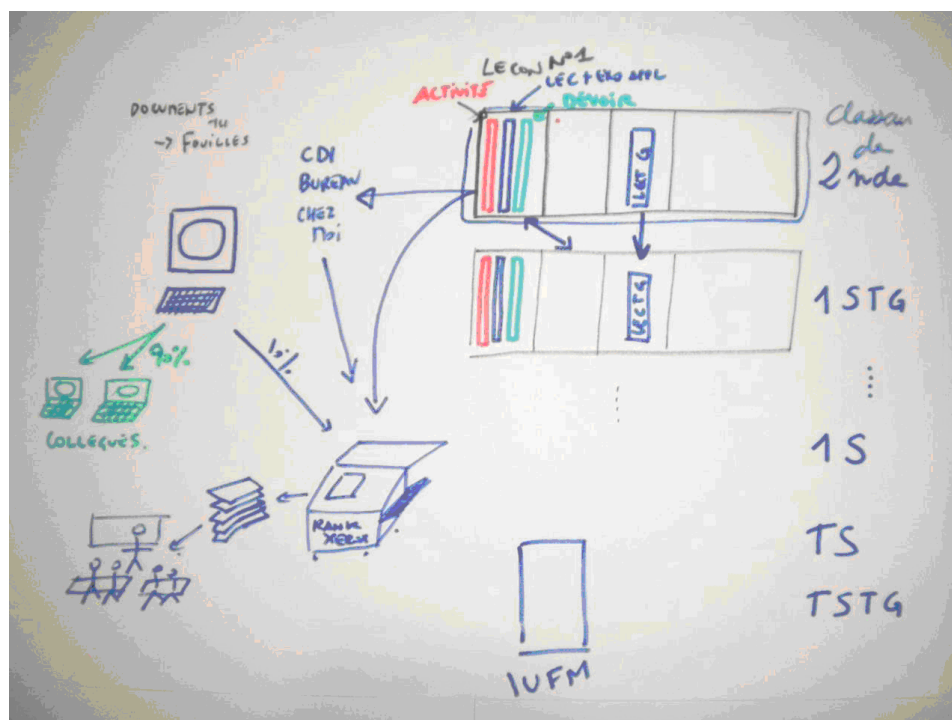


FIG. 5.11 – La représentation schématique de système de ressources d’Alexis, décembre

	Prof A	Prof B	Prof C
La conception des ressources adaptées à cette nouvelle technologie	2	3	3
La modification dans la préparation des cours et des exercices pour les séances d’enseignement	1	1	1
La nouveauté et l’originalité de cette technologie	3	2	2

TAB. 5.21 – Les difficultés rencontrées dans le travail avec la technologie Nspire

A la fin de l’expérimentation (en mois de juin), la RSSR (Figure 5.12) élaborées par Alexis marque des évolutions à plusieurs niveaux.

Nous remarquons une évolution du rôle de l’ordinateur dans son travail d’enseignement. Ses fichiers numériques sont rangés maintenant dans un dos-

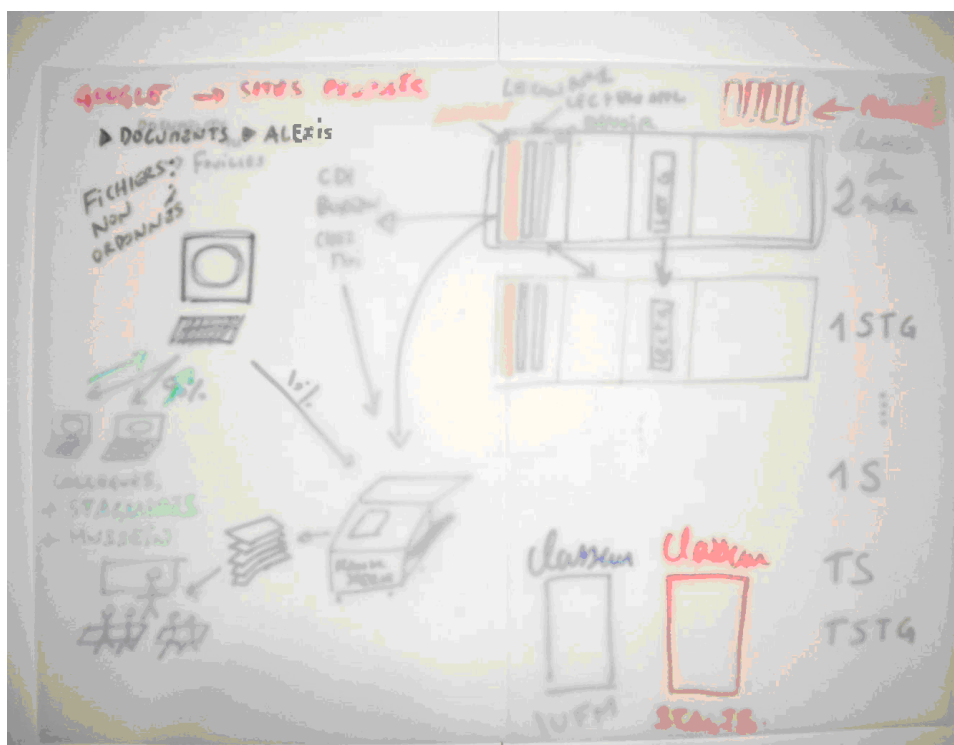


FIG. 5.12 – La représentation schématique de système de ressources d’Alexis, décembre

sier précis, bien qu’ils soient encore non ordonnés. Il faisait des recherches sur Google des sites pour trouver des ressources adaptées à la technologie Nspire. Les échanges des ressources numériques sont maintenant plus fréquents avec les collègues et dans les deux sens.

L’engagement d’Alexis dans cette expérimentation a fait bouger son système de ressource. Nous remarquons plus d’échange et de mutualisation, et des recherches de ressources adaptées. Ce type de geste professionnel devrait avoir des retombées sur le contenu des ressources élaborées.

5.6.4 Éléments de conclusion

Il apparaît très clairement que la genèse documentaire est un phénomène long qui doit prendre appui sur l’existant et en particulier sur la documentation habituelle de chaque enseignant. Les évolutions apparaissent pourvu que les modifications apportent des solutions à des problèmes auxquels se confrontent les enseignants ; l’exemple des fiches techniques, qui lorsqu’elles sont pensées avec une connaissance suffisante des outils permettent de prévoir les difficultés que les élèves pourraient rencontrer en est une bonne illustration.

La trajectoire de restructuration des ressources des enseignants peut être schématisée par :

- des essais d’adaptation de leurs ressources initiales ;
- la découverte de l’insuffisance des ressources à leur disposition ;
- la recherche des ressources auprès des collègues ainsi que sur les sites institutionnelles,
- enfin la sélection de celles qui conviennent à leurs pratiques professionnelles et à leurs visions des mathématiques.

La direction suivant laquelle évolue la forme des ressources construites par un enseignant est liée à ses habitudes professionnelles et à ses sources de documentation initiale.

La conception des ressources adaptées à un outil technologique reste toujours liée aux pratiques d’enseignement et rentre parfois en conflit avec les incitations institutionnelles ; l’exemple symptomatique de l’EPM (et l’abandon de cette épreuve dans une évaluation prise en compte pour l’obtention du baccalauréat) et de l’épisode du baccalauréat blanc montrent bien la difficulté à intégrer dans le cours ordinaire des enseignements qui ne seront pas pris en compte dans l’évaluation finale.

5.7 Q7. Dans quelles conditions (pédagogiques, didactiques, organisationnelles, ...) se déroule l'expérimentation ? Quels sont les facteurs de cette organisation qui permettent de comprendre les succès ou les échecs, locaux ou globaux, de l'intégration de la technologie Nspire ?

Dans cette partie, nous nous appuyons sur une grande partie des outils méthodologiques pour faire ressortir à la fois les aspects positifs de l'intégration de la technologie Nspire et les difficultés rencontrées par les enseignants et les élèves et nous essaierons de faire ressortir les facteurs essentiels permettant de comprendre à la fois les réussites et les échecs.

5.7.1 Réussites globales

Du point de vue des professeurs

Dans l'organisation pédagogique du lycée, et à la demande des professeurs de mathématiques, une salle informatique supplémentaire équipée du logiciel TI-Nspire et son utilisation fréquente montrent à la fois l'engagement institutionnel du lycée et des enseignants de mathématiques dans cette expérimentation. Par ailleurs, les observations ont montré des utilisations en salle ordinaire de la calculatrice, associées à des dispositifs pédagogiques permettant à un élève ou au professeur de piloter une machine retro projetée :

Marie : Ah, G., il paraît que tu n'as pas ta calculatrice ! Alors, tu vas venir cobayer !

Observation 15 janvier, heure 3

Marie : Tu te mets sur le curseur, oui, alors, il faut que tu aies la main et tu fais varier. Oui, voilà, très bien ! Vous voyez ce qui se passe ? [...] On vous explique ce qu'il faut faire. Tu me le fais, Q s'il te plait.

Observation 23 avril, heure 2

Dans les observations et les entretiens, il apparaît très nettement qu'une prise en compte de la partie expérimentale des mathématiques, assistée par la calculatrice et le logiciel, a été réalisée tout au long de l'année. Les élèves observés se trouvent dans un environnement familier le jour de l'épreuve pratique et débutent tous la séance sans hésitation sur l'ouverture de leur session informatique et sur l'ouverture du logiciel TI-Nspire, ce qui ne fait que confirmer à l'échelle du lycée les observations faites dans les classes ou dans les entretiens avec les élèves :

Marie : Bon, je n'ai pas à vous dire pour, euh, ouvrir l'écran, lancer TI-Nspire...

Observation 23 avril, heure 1



FIG. 5.13 – Elève Sherpa

Marie : Allez, on s'y met ! Texas Nspire... Allez, on s'initie aux fonctions aléatoires...

Observation 23 avril, heure 4

G2 : On est allé en salle informatique sur le logiciel... Combien de fois, déjà ? Peut-être une dizaine de fois ! Entretien 19 mai

Du point de vue des élèves

Globalement, les opinions des élèves vis à vis de la machine et de son utilisation sont très positives et ils mettent en avant les possibilités de calcul et de représentation (32,4% des réponses au questionnaire), les différentes applications (17,6%) et les possibilités de passage d'une application à l'autre (6,1%) comme des éléments positifs de l'expérimentation avec la TI-Nspire. De la même façon, plus de 93% des élèves sont tout à fait d'accord (57,3%) et d'accord (35,9%) avec la phrase : « La calculatrice est vraiment utile pour le travail que j'ai à faire en mathématiques ». Ils font bien la différence avec d'autres technologies : 88,3% des élèves ne sont pas du tout d'accord (55,3%) ou peu d'accord (33%) avec la phrase : « Cette calculatrice ou une autre, ça n'a pas d'importance ».

Ces résultats ne font que confirmer les avis donnés sur la calculatrice

lors des entretiens, et même si des élèves déclarent ne pas beaucoup utiliser la calculatrice, les possibilités de la TI-Nspire sont mises en avant lorsqu'il s'agit de faire des mathématiques :

G1 : [...] je l'utilise pas tant que ça [...] Oh oui, c'est sûr, c'est un gros atout pour le bac

Entretien, Mai 09

O : Finalement, vous ne vous en servez pas beaucoup de votre calculatrice ?

G2 : Oui

O : Et par rapport à votre ancienne calculatrice vous voyez une différence ?

G2 : Oh oui !

O : Oui ?

G2 : Ah oui ! Ah oui ! Par rapport à la TI83, c'est autre chose ! Elle est beaucoup mieux celle-là ! [...] On peut faire beaucoup plus de choses avec elle qu'avec l'autre. [...] Là, on voit mieux ce qu'on fait, et pis, on peut mieux, comment dire, vérifier ses résultats.

Entretien, mai 09

5.7.2 Réussites locales

Du point de vue des professeurs

Engagement des enseignants sur une formation d'établissement visant à introduire dans leur enseignement une pratique de la démarche expérimentale dans toutes les classes (modeste pour la première année) et une préparation aboutie et réussie à l'épreuve pratique en terminale ;

Du point de vue des élèves

Les observations en classe montrent une utilisation raisonnée de la calculatrice, ce que l'on retrouve dans les observations lors de l'épreuve pratique de mathématiques. Les élèves savent se servir de la calculatrice et du logiciel et l'utilisent en général de façon opportune dans le cadre du travail de mathématiques de la classe.

Globalement, les élèves ont bien réussi à l'épreuve pratique de mathématiques, puisque la moyenne de l'ensemble des terminales se situe à 12,2 avec 50% des élèves ayant une note supérieure à 12.

Il est également intéressant de noter les avis des élèves quant aux apports de la calculatrice en termes de vérification et de contrôle : plus de 96% des élèves déclarent utiliser la calculatrice lors des contrôles de mathématiques et l'utilisent plus comme un moyen de vérification qu'a priori pour trouver un résultat :

On voit sur ces deux graphiques des résultats très comparables, même si la calculatrice est un peu plus utilisée a priori dans le calcul d'une limite, notion

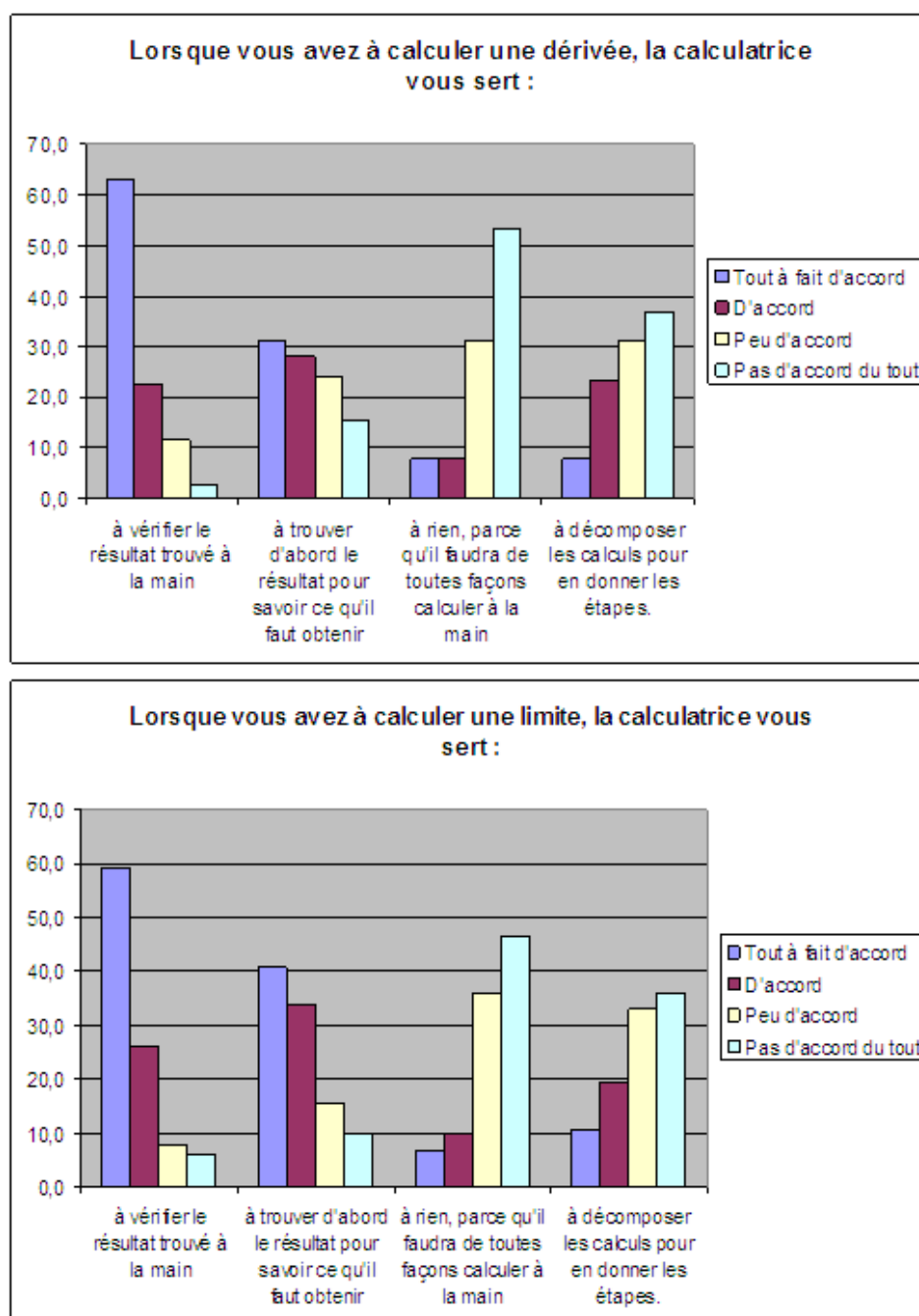


FIG. 5.14 – Utilisation de la calculatrice pour des calculs formels

nouvelle que dans le calcul d'une dérivée que l'on peut penser comme plus naturalisé en terminale. Les observations montrent que les élèves rentrent

dans le jeu de l'expérience pour émettre des conjectures pour ensuite repasser à des démonstrations :

Marie : Donc, par exemple en zéro combien il y a de solutions ? Zéro, une deux solutions ?

E : Zéro dix neuf

Marie : Donc, votre camarade me dit que quand. . .

E : Non zéro dix huit

E' : Regardez, madame, ça touche pas en zéro dix neuf

Observation, 23 avril, heure 2

Ici, E et E' poursuivent leur expérience et répondent à une autre question que celle posée par le professeur en cherchant la valeur d'un paramètre pour que la courbe de la fonction soit tangente à l'axe des abscisses. Il y a un vrai usage expérimental de la calculatrice permettant aux élèves d'approcher un résultat.

5.7.3 Echecs locaux

Les difficultés et les échecs dans l'utilisation de la calculatrice ou du logiciel peuvent être mis en évidence à partir des observations dans des moments d'incidents ;

Janine Rogalski définit un incident, dans l'Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant⁴, comme :

La définition la plus générique d'incident est le fait qu'il y a décalage entre ce qui est attendu de l'action et ce qui se passe effectivement. On réserve en général le terme d'incident aux cas où on évalue que ce décalage est « négatif », et met en question l'atteinte du but visé. L'incident en ce sens générique n'est donc pas l'incident de discipline, mais celui directement lié au contenu de l'enseignement en jeu

Eric Roditi, dans sa thèse (Roditi, 2001) reprend cette définition et précise que le décalage doit « être considéré en référence à la tâche et à son objectif mais pas nécessairement par rapport à l'attente du professeur qui a prescrit cette tâche ».

Il en déduit une typologie des incidents relevés :

- les erreurs commises dans lequel il inclue les réponses « qui ne sont pas conformes à celle qui était manifestement attendue par le professeur » ;
- les questions posées ou les propositions émises ;
- les réponses incomplètes ;
- les élèves interrogés qui restent silencieux ;
- ce que disent les élèves quand la réponse est hors de leur portée ;
- les élèves sont en désaccord mais personne n'a tort.

Dans un contexte technologique, nous rajouterons à cette typologie les incidents liés à la rétroaction des artefacts :

⁴Conférence donnée lors du stage national COPIRELEM, 3-5 mai 1999, Limoges

E1 : C'est pas normal ! Madame ! Vous pouvez venir voir s'il vous plait deux minutes ? . . . Madame, pourquoi il met tout le temps positif alors qu'on à fait u OM il devrait être négatif . . . Marie : Et ouais, alors, là tu regardes, je t'explique ça ; tu vois le problème c'est que des angles géométriques, tu vois, alors justement, tu vois, je t'ai donné un exemple, là ; alors essaye de voir un peu l'astuce pour essayer de mettre le signe . . . Donc je vous explique un petit peu . . . Donc, vous m'expliquez pourquoi, je vous propose cette solution . . . Non, non, mais . . . Vous lisez le haut de la page et vous essayez de voir si vous êtes d'accord ou pas.

Observation, janvier 09, heure 1

Dans ce cas, l'incident est très vite réglé parce que le professeur avait anticipé cette difficulté et prévu la question. Les élèves sont alors redirigés vers une explication leur permettant de poursuivre le travail. L'importance des ressources permettant ce genre de projection est ici mis en évidence. Ce qui peut être encore mis en évidence, « en creux » lorsque l'incident n'est pas prévu et que sa régulation sort des compétences instrumentales du professeur :

Le TP proposait de construire un nuage de points à partir d'une construction géométrique pour visualiser les variations d'une fonction définie à partir des grandeurs géométriques ; E arrive à l'écran suivant et appelle le professeur :

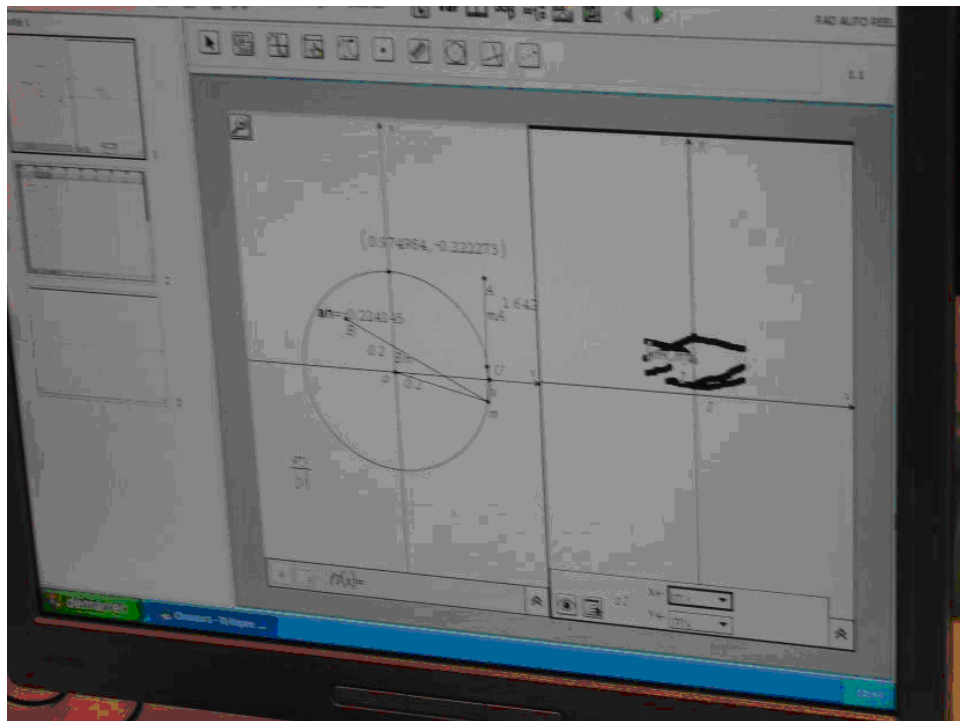


FIG. 5.15 – Une rétroaction mal comprise du logiciel

Marie : Ah ! Ca c'est pas normal non ! Enfin, c'est peut-être normal, mais bon ! Alors euh . . .

E1 : Wouah, comme c'est moche !

Marie : Bon, alors, tu sais ce que tu vas me refaire. . . Tu vas me refaire le truc. . . Efface, . . . comment faire ? . . .

E1 : Moi, j'ai ça madame. . . c'est plus joli ?

Marie : Attends, oui j'ai pas vu. . . Oui, et zoom avant. . . Enfin, modifie le réglage un peu. . . Oui, ça c'est pas mal. . . (Marie se retourne vers E) Alors attends, j'ai pas bien vu, refais, excuse moi, j'avais pas bien vu. . . (Marie se tourne vers E1) Ouais, c'est pas mal. Alors là, tu vas pouvoir nous dire quelque chose, quand même !

E1 : Il y a un maximum et deux minimum

Marie : Ouais, exact. . . (se retourne vers E) Alors, euh. . . Remet moi sur le graphique. . . ouais, . . . euh, . . . tu es bien en radian ? On est bien en radian, je sais plus. . . [. . .]

Marie : Alors parce que tu crois que c'est les valeurs. . . Alors, ben je sais pas, je sais pas comment faire. [. . .]

Marie : Oui, on peut, mais bon, euh. . . (se tourne vers E) Toutes façons, tu l'avais, le minimum tu essayes de voir quel est l'angle, hein, donc lire carrément le. . . Bon, alors qu'est ce qui se passe ? Je suis en train de chercher, et là je vois pas ce qui se passe. . . euh. . . Tu peux. . . Alors efface tout et recommence, parce que là. . .

Observation 15 janvier, heure 1

Dans cet exemple, l'incident n'est pas réglé, la dynamique de recherche et le lien qui pouvait être fait entre l'expérience et la théorie, l'une alimentant et expliquant l'autre sont brisés :

E : ils sont sensés se planter comme ça, le jour de l'examen au bac là ?

Observation 15 janvier, heure 1

Un autre type d'incident lié à une utilisation erronée de l'artefact conduit à des « bifurcations didactiques », en ce sens que l'élève placé dans cette situation investit une recherche différente de celle prévue initialement par le professeur, avec un risque d'absence d'apprentissage, ou de difficulté dans le cas d'une épreuve d'évaluation comme nous l'avons observé pendant l'épreuve pratique de mathématique (dialogue déjà cité refq5). Un autre aspect des difficultés observées est lié à la difficulté à projeter la technologie dans le milieu objectif des élèves et de relier les connaissances en cours de construction et les expériences réalisées avec la calculatrice ou le logiciel, et du coup, la difficulté de récupérer ces expériences et les concepts mathématiques manipulés pour permettre une institutionnalisation des connaissances. Nous illustrons ce constat par une observation faite en classe :

Marie : Comme ça au hasard !

E : Oui, mais comment ils font pour les sortir au hasard ?

Marie : Ca c'est une grande question ! C'est euh, des trucs aléatoires, alors évidemment, on sort pas ça comme ça, il faut quand même, une certaine

stratégie! Alors, est-ce que c'est vraiment aléatoire?

E : Ben, c'est ça justement comment il fait?

Marie : Ben, oui, il faudrait vraiment s'intéresser à ce problème, oui. Ah non, ce n'est pas évident, oui. C'est pas tout à fait aléatoire, oui, c'est pas Dieu, tout à coup, boum! Et oui! Donc, c'est peut-être pas tout à fait aléatoire, en fait! Donc, il y a de la triche, peut être, derrière!

(Le professeur s'éloigne)

E : On a l'impression que c'en est...

5.7.4 Echecs globaux

L'ensemble de la méthodologie mise en œuvre dans le suivi de l'expérimentation au lycée Clemenceau fait ressortir des difficultés d'intégration de la technologie Nspire dans le cours de mathématiques. Nous pouvons mettre en évidence quelques éléments permettant d'expliquer ces phénomènes. Le premier est lié à la forme même de l'épreuve pratique de mathématiques, qui, comme nous l'avons noté plus haut a été un moteur important dans le travail réalisé avec les élèves. Le format, publié, de l'épreuve sépare une partie expérimentale et une partie théorique. Ce format, judicieux dans le cadre d'une évaluation en permettant d'évaluer à la fois les compétences expérimentales et les connaissances acquises est beaucoup plus contestable dans le cadre d'une intégration de la technologie et peut déboucher sur une séparation complète entre l'expérience et la théorie, et du coup reléguer les manipulations techniques comme extérieures au mode de fonctionnement des mathématiques et sans lien avec les raisonnements et démonstrations exigées des élèves. L'usage de la technologie devient alors une tâche supplémentaire qui se juxtapose aux tâches habituellement demandées aux élèves. Les observations en classe montrent de façon récurrente cette séparation entre les moments exprimés par les interventions des professeurs mais aussi par l'absence de références précises aux moments expérimentaux dans les institutionnalisations ou les bilans dressés par le professeur. La contradiction des représentations des mathématiques avec l'aspect expérimental développé par l'usage des calculatrices peut expliquer ce décalage entre les intentions affichées et l'activité des professeurs dans les tâches prescrites :

Vous enregistrez, si vous voulez, et demain on fait la partie théorique sur ça

Observation, janvier 09, heure 1

Ah! Ca y est! Ouf! Bon, ça y est, bon! Allez, bon, on passe à la partie théorique, hein, allez on va faire ça, hop, hop, hop!

Observation, janvier 09, heure 3

Bon, allez, maintenant, on essaye de réfléchir!

Observation, avril 09, heure 1

Bon, ben maintenant, on va essayer de le démontrer vraiment, hein! Donc, vous allez faire les questions théoriques.

Observation, avril 09, heure 2

Oui, d'abord, là, on n'a plus de machine et on essaye de le faire

Observation, avril 09, heure 4

Oui, on rentre dans le vif du sujet. Maintenant, on fait des maths sans ça (il montre l'écran)

Observation, mai 09, EPM

5.7.5 Eléments de conclusion

Les observations montrent une bonne maîtrise de l'outil dans le cadre des Travaux Pratiques confirmée par la maîtrise des élèves dans l'épreuve pratique de mathématiques.

Les élèves se sont appropriés la technologie et les différentes observations ou entretiens montrent bien la prise de conscience de l'originalité et la prise en compte des potentialités de la calculatrice, dans le travail quotidien d'apprentissage.

L'étude des incidents liés au fonctionnement de la machine montre que la gestion des rétroactions demande des compétences qui croisent les compétences instrumentales et mathématiques.

Nous avons noté de la part des enseignants un « engagement faible » dans le sens où la technologie est utilisée dans la perspective de préparation des élèves à une épreuve d'évaluation, mais n'est pas véritablement intégrée au cours de mathématiques. Nous distinguons une utilisation de la technologie qui a été observée et mise en place dans les classes et une intégration de la technologie qui suppose une instrumentation forte. Les causes probables de la faible intégration dans les cours mathématiques sont certainement multiples et demanderaient des études spécifiques ; on peut citer, comme autant de questions :

- la difficulté à observer dans une séance utilisant la calculatrice les apprentissages effectifs des élèves en vue d'une institutionnalisation ;
- la distance entre les potentialités de la calculatrice et les conceptions préalables des enseignants vis à vis de la technologie ;
- la difficulté professionnelle de gérer une situation de classe dans laquelle une partie importante des actions des élèves est masquée ;
- la distance entre les conceptions d'usage didactique de la technologie et ses potentialités effectives.

Chapitre 6

Conclusion

En conclusion de cette étude, plusieurs éléments importants ressortent quant à la diffusion de la technologie Nspire dans des classes ordinaires. Ces éléments prennent en compte la complexité et les potentialités de la technologie et s'appuient sur les recherches précédentes concernant les usages de la technologie (Artigue, 1997) et plus spécifiquement de la technologie Nspire (Aldon et al, 2008, Zuchi, 2008) et l'insèrent d'une part dans l'évolution d'un collectif d'enseignants de mathématiques et d'autre part dans les usages effectifs des élèves tout au long de l'année. Nous structurons cette conclusion autour de points nous apparaissant comme importants dans cette étude : la dynamique de l'enseignement et de l'apprentissage de mathématiques ; le changement de pratiques des enseignants ; le travail collectif ; la solution duale et la réorganisation des ressources des enseignants.

Il apparaît clairement que l'intégration de nouvelles ressources dans le système de ressources d'un enseignant crée un déséquilibre dans ses activités. La proposition d'un accompagnement s'inscrivant dans le cadre de ses habitudes professionnelles semble atténuer ces déstabilisations. Dans la présentation du cours de l'école d'été Ghislaine Gueudet et Luc Trouche (Gueudet et Trouche 2009) distinguent les ressources et les documents :

Nous considérons ici que le professeur, dans son travail de documentation, dispose d'un ensemble de ressources-artefacts (manuels, logiciels, sites), qui vont donner naissance, pour une tâche donnée, au cours d'une genèse documentaire, à un document-instrument. [...] Le développement d'un document répond à un objectif (il s'agit de concevoir pour, par exemple réaliser un cours), mais ce développement se poursuit dans la réalisation de ce cours. Ce document donne naissance à son tour à des ressources (par exemple des copies d'élèves) qui pourront être mobilisées, avec d'autres ressources, dans de nouvelles genèses.

La dynamique ainsi créée participe du développement professionnel des enseignants tout au long de leur carrière. En participant à l'expérimentation décrite dans ce rapport, les enseignants ont introduit dans leur système de

ressources une ressource complexe, la technologie Nspire, qui a provoqué une perturbation importante de la dynamique d'enseignement. D'un autre côté les élèves ont eu à disposition une calculatrice dont les potentialités dépassent les seules possibilités de calcul et de représentation mais participe également à leur système de ressources constitué pour leur apprentissage et perturbe également la dynamique d'apprentissage.

Ce sont ces perturbations et le nouvel équilibre créé que nous avons voulu observer durant cette année et qui a motivé la méthodologie que nous avons utilisée. Elle a permis de faire émerger des résultats en croisant des observations ponctuelles et des recueils de données dans la continuité du développement des systèmes de ressources des professeurs et des élèves et dans leur construction individuelle, collective et conjointe.

Il serait vain de prétendre que nous apportons des réponses définitives aux questions qui ont présidé ce travail, mais certainement des éléments qui devraient permettre d'éclairer les difficultés rencontrées dans l'intégration de technologies complexes dans les classes ordinaires.

Les changements de pratiques, liés à l'intégration de la technologie, se construisent dans l'usage et se stabilisent à long terme. L'intégration de la technologie Nspire dans le milieu de travail d'un enseignant induit des changements multiples. Il apparaît cependant très clairement que l'incitation institutionnelle est un générateur essentiel de ces changements. Et dans cette perspective, les ressources produites par les enseignants évoluent et s'appuient sur les sources initiales de documentation. L'équilibre après perturbation semble être atteint lorsque la technologie Nspire est adaptée aux habitudes professionnelles en évolution. Il apparaît que l'accompagnement des enseignants par des ressources, en prenant en compte cette évolution, joue un rôle important dans ce domaine.

De la même façon, l'évolution des échanges vers un réel travail collectif ne va pas de soi. L'étude montre que des conditions pour que ce type de travail collectif émerge passe nécessairement par la présence conjointe :

- d'un projet mis en place et accepté par les membres du collectif ;
- d'une sollicitation donnant une valeur au projet dans le cadre de son propre travail d'enseignement.

L'usage conjoint de la calculatrice et de l'ordinateur (solution duale) est un exemple significatif de la difficulté à intégrer une telle technologie du fait de la distance importante entre les potentialités offertes et les conceptions des enseignants d'une part et d'autre part entre le travail effectif des enseignants et les injonctions institutionnelles :

- même si les calculatrices sont autorisées au baccalauréat, une évaluation des compétences nécessaires à leur utilisation dans le cadre d'une recherche de problème n'est pas encore prise en compte dans l'obtention de ce diplôme et reste dans le domaine de l'expérimentation ;
- les fonctionnalités de mémorisation, organisation, création et transmission d'un document numérique (Pédaque, 2006), présents dans

les documents numériques de la TI-Nspire n'ont pas tous été exploités. Les différences d'exploitation entre les enseignants et les élèves peuvent être à l'origine de malentendus et d'apprentissages escamotés. La prise de conscience par les élèves de l'originalité de la technologie Nspire facilite son utilisation dans le travail quotidien d'apprentissage, mais l'accompagnement des élèves par les enseignants est nécessaire pour prendre en compte toutes les dimensions de la technologie ;

- la prise en compte d'une démarche expérimentale en mathématiques se heurte à une conception dominante chez les enseignants de ce que sont les mathématiques, mais aussi aux difficultés à repérer dans l'activité des élèves, ce qui relève des mathématiques et ce qui relève de l'instrument, et par suite, ce qui devra être institutionnalisé (Aldon, 2008).

Dans les conclusions de ce travail, l'importance de la formation et d'un accompagnement professionnel s'appuyant sur les systèmes de ressources des enseignants apparaît comme un vecteur fondamental des changements. Cette formation peut être inscrite dans le cadre institutionnel, mais aussi s'appuyer sur des collectifs (enseignants d'un lycée, d'un ensemble de lycées, . . .) pour peu que du temps et une reconnaissance institutionnelle soient prévus.

Ce travail a également montré l'intérêt d'une méthodologie d'observation prenant en compte le temps pour étudier les effets de l'utilisation de la technologie sur l'enseignement et l'apprentissage ; plusieurs questions ont émergé de la présente étude et méritent d'être approfondies :

- Comment former les enseignants en prenant en compte les conceptions propres de chacun et son système de ressources propres ?
- Comment favoriser un changement de pratiques d'un enseignant à partir d'un projet collectif ?
- Quels sont les apports respectifs des genèses instrumentales des élèves et des professeurs dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ?
- Quels sont les constructions conjointes de documents utilisant la technologie Nspire ?

Ce travail ne constitue qu'une étape dans la compréhension des phénomènes complexes liés à l'intégration de la technologie pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. L'histoire continue !

Chapitre 7

Bibliographie

Aldon, G., (2008), *Analyse du rôle d'une ressource numérique dans la mise en place de problèmes de recherche dans la classe de mathématiques*, Mémoire de master (dir. Durand-Guerrier, V.), Université Claude Bernard, Lyon 1.

Aldon, G., Artigue, M., Bardini, C., Baroux-Raymond, D., Bonnafet, J.-L., Combes, M.-C., Guichard, Y., Hérault, F., Nowak, M., Salles, J., Trouche, L., Zuchi, I., (2008), *Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-CoLab (expérimentation Collaborative de Laboratoires mathématiques)*, *Repères-IREM*, 72, 51-78, en ligne (versions française et anglaise)

http://educmath.inrp.fr/Educmath/ressources/lecture/dossier_mutualisation/

Aldon, G., Artigue, M., Bardini, C., Trouche, L (dir.) (2009), *Une étude sur la conception et les usages didactiques d'une nouvel plate-forme mathématique, potentialité, complexité. Expérimentation collaborative de laboratoires mathématiques (e-CoLab)*, Rapport de recherche 2006-2008, INRP.

<http://www.inrp.fr/editions/editions-electroniques/>

Artigue, M. (1997), *Intégration de calculatrices complexes dans l'enseignement des mathématiques au Lycée 6-7*, DIDIREM, IREM Paris 7.

Arzarello, F., Robutti, O. (2008), *Multi-representations in TI-Nspire and TI-Navigator environments*, *International meeting Sharing Inspiration*, Berlin,

<http://www.sharinginspiration.org/info/contributions.php>

Béguin, P. (2005), *Concevoir pour les genèses professionnelles*, in P. Rabardel, P. Pastré (dir.) *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développements*, 31-52, Octarès Editions.

Clark-Wilson, A. (2008), *Evaluating TI-Nspire™ in secondary mathematics classrooms : Research Report*, University of Chichester.

Coulanges, L., Grugeon, B. (2008), *Pratiques enseignantes et transmission de situations d'enseignement en algèbre*, *Petit x*, 78, 5-23.

Gueudet, G., Trouche, L. (2009), *La documentation des professeurs de*

mathématiques, in L. Coulange, C. Hache (dir.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2008*, pp. 249-269, ARDM, IREM Paris 7.

Gueudet G., Trouche L. (2008), *Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques*, Education et didactique, 2(3), pp. 7-33.

Guin, D., Trouche, L. (dir.) (2002), *Calculatrices symboliques : transformer un outil un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. La Pensée Sauvage, Grenoble.

Margolinas, C., Canivenc, B., De Redon, M.-C., Rivière, O., Wozniak, F. (2007), *Que nous apprend le travail mathématique hors classe des professeurs pour la formation des maîtres ? 31ième colloque Inter-IREM des formateurs et professeurs chargés de la formation des maîtres*, pp. 1-19.

Oddone, I., Rey, A., Brante, G. (1981), *Redécouvrir l'expérience ouvrière. Vers une autre psychologie du travail*, Paris : Editions Sociales.

Pédaque, R.T. (2006), *Document et modernités*,
http://rtp-doc.enssib.fr/article.php3?id_article=255

Rabardel P. (1995), *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*, Paris : Armand Colin.

Roditi, E. (2001), *L'enseignement de la multiplication des décimaux en sixième, étude de pratiques ordinaires*, Thèse de l'Université Paris 7.

Sabra, H. (2008), *Interaction entre les systèmes individuels et communautaires. Etude dans le cadre du projet e-CoLab*, Mémoire de master (dir. Trouche L.), Université Claude Bernard - Lyon 1.

http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherches/projets-de-recherche/approche_documentaire/masters/

Sabra, H., Trouche, L. (2009), *Enseignement des mathématiques et TICE : revue de littérature de recherche francophone (2002 - 2008)*. INRP, Lyon.

<http://www.inrp.fr/editions/editions-electroniques/enseignement-des-mathematiques-et-tice>

Trouche, L. (2005). *Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calculs dans l'enseignement des mathématiques*. Actes de Université d'été de Saint-Flour, du 22 au 27 août 2005.

Trouche, L. (2004). Managing complexity of human/machine interactions in computerized learning environments : Guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9 :281-307.

Zuchi I. (2008), *Analyse d'un environnement informatisé complexe : quelles en sont les contraintes et potentialités et les effets sur l'apprentissage des mathématiques*, mémoire de post-doctorat (dir. L. Trouche).INRP.

http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherche/equipes-associees/partenariat-inrp/archives/partenariat-inrp-07-08/e-colab/rapport_recherche.pdf

Chapitre 8

Annexes

8.1 Annexe 1

	A. MnI	G. MI	Az. BI	M BnI	J_g BI	J_f BnI	L. MnI
Calculatrice comme brouillon	X	X	X	X		X	X
Calculatrice outil d'aide			X		x	x	x
Calculatrice répertoire de notes	X	x A noter, dans le répertoire « Maths », une feuille de clas- seur avec fonctions et dérivées sans que le calcul formel ne soit utilisé.		X	X Les cha- pitres des différents cours sont classés (Figure 6)	X	X

	A. MnI	G. MI	Az. BI	M BnI	J_g BI	J_f BnI	L. MnI
Calculatrice pour programmer			x Programme réalisé en classe en enseignement de spécialité sur l'algorithme d'Euclide		x L'entretien avec Jg confirme les usages de programmation de la calculatrice.	x	x Un fichier avec une fonction permettant de trouver la partie entière et le reste dans la division euclidienne
Calculatrice pour stocker					X	X	

Evolution des répertoires	A. Mnl Les dossiers présents sur la calculatrice ont été supprimés pour ne laisser qu'un répertoire regroupant tous les fichiers.	G. MI Un seul en-voi	Az. BI Remarquable stabilité des répertoires un seul répertoire évolue.	M Bnl Abouti finalement à trois répertoires, « Brouillon », « Math » et « Physique Chimie »	J_g BI Assez grande stabilité des répertoires. En juin un répertoire supplémentaire apparaît : « Avancé » qui moigne d'une recherche et d'intégration de documents; le répertoire « jeux » témoigne également de cette recherche documentaire.	J_f Bnl Un seul en-voi	L. Mnl Un seul en-voi
---------------------------	--	-------------------------	--	--	---	---------------------------	--------------------------

	A. MnI	G. MI	Az. BI	M BnI	J_g BI	J_f BnI	L. MnI
Applications utilisées	Calcul, Gra- phiques, Géométrie, Tableur, Notes.	Calculs, Géométrie, Graphiques, Notes, Ta- bleur (sans calculs)	Toutes	Calculs, Graphiques, Géométrie, Notes	Toutes	Toutes	Calculs, Graphiques, Tableurs, Notes
Nombre de répertoires	4 (dont 1 perso) - 1	4 (4 perso)	4 - ...- 4 (dont 2 perso)	8 (6 perso) - 4 (4 perso)	9 (dont 9 perso) - 10 (dont 10 perso)	5 (dont 5 perso)	1
Nombre de fichiers per- sonnels	7 - 9	10	5 - 9 - 12 - 13 - 12 - 10	19 - 5	52 - 105	13	5

	A. MnI	G. MI	Az. BI	M BnI	J_g BI	J_f BnI	L. MnI
Remarques	N'a pas construit de répertoire spécifique mais a stocké ses fichiers dans le répertoire «Mylib » ; des fichiers nommés Classeur 1, Classeur 2,...montrent des calculs réalisés mais non documentés et les fichiers nommés ne correspondent pas toujours à leurs contenus. Evolution des fichiers par rajout de « pages » mais pas d' « activités ».	Dans un même fichier, stocké dans un répertoire « Mon classeur », se trouvent un ensemble de 98 calculs qui correspondent à des recherches et des cours différents : calculs numériques, sur les complexes, limites, calculs de dérivée... Visiblement il s'agit d'un fichier regroupant les calculs courants. La page tableur est en fait une page de notes regroupant les formules des calculs dérivées, sans utilisation du calcul formel.	Az. a une très bonne connaissance de la calculatrice ; son système de classement et d'utilisation montre bien l'usage qu'il fait de la machine comme un outil pour son travail personnel, comme en atteste l'extrait de fichier incluant des calculs numériques, complexes, infinisimaux. Les mêmes fichiers de brouillons sont repris et enrichis au fur et à mesure des besoins.	Un brouillon à la fois sur une feuille de calcul mais aussi sur une page graphique, dans laquelle 48 fonctions différentes sont définies. Le fichier présent dans le répertoire brouillon change dans le temps et le dernier montre quelques calculs et une figure de géométrie surement en rapport avec un exercice.	Genèse instrumentale qui fait de la machine un véritable assistant du travail de lycéen.	Une structure de répertoire de classement, dont un répertoire « Mon cahier de brouillon » dans lequel sont regroupés des fichiers de calculs, de deux tableaux, et trois parties d'exercices ou de devoirs.	Un répertoire contenant des fichiers divers. Un fichier, nommé « dossier en cours » comporte huit pages (deux de calculs, deux tableaux, trois graphiques et une page mixte tableau/graphique).

A. MnI	G. MI	Az. BI	M BnI	J_g BI	J_f BnI	L. MnI
-----------	----------	--------	-------	--------	---------	--------

Résumé des contenus des calculatrices

Bon élève, intéressé par la technologie (BI), Elève moyen, intéressé par la technologie (MI), Bon élève, peu intéressé par la technologie (BnI), Elève moyen, peu intéressé par la technologie (MnI)

8.2 Annexe2

Comparaison des réponses aux questionnaires de décembre et juin.

En vous rappelant ce que vous avez fait en classe avec la calculatrice TI-Nspire, dire, pour chaque phrase ci-dessous si vous êtes d'accord ou non :

La TI-Nspire est omniprésente dans la classe de mathématiques

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	2,4	18,8	42,4	36,5
Questionnaire 2	1	11,7	51,5	35,9

On aurait pu faire le même travail avec une autre calculatrice

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	28,2	51,8	17,6	2,4
Questionnaire 2	46,6	51,8	17,6	2,4

D'une façon générale, il aurait été plus facile d'utiliser un ordinateur

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	8,2	42,4	35,3	14,1
Questionnaire 2	11,7	49,5	31,1	7,8

On aurait pu travailler uniquement avec papier et crayon

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	37,6	43,5	16,5	2,4
Questionnaire 2	53,4	31,1	11,7	2,4

La calculatrice m'a fait perdre du temps

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	43,5	41,2	12,9	2,4
Questionnaire 2	48,5	40,8	7,8	1,9

La difficulté d'utilisation de la calculatrice m'a parfois empêché de bien comprendre en classe

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	37,6	38,8	20	3,5
Questionnaire 2	47,6	36,9	11,7	3,9

La calculatrice m'a permis de bien comprendre les leçons

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	12,9	34,1	50,6	2,4
Questionnaire 2	10,7	46,6	35,9	6,8

J'ai le sentiment que sans la calculatrice je n'aurais pas aussi bien compris en classe

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	22,4	48,2	27,1	2,4
Questionnaire 2	17,5	50,5	23,3	8,7

Les différentes applications facilitent la compréhension de certaines notions

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	1,2	12,9	68,2	17,6
Questionnaire 2	1,9	8,7	57,3	32

Je n'ai que très rarement eu l'idée tout seul de changer d'application

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Questionnaire 1	43,5	35,3	11,8	9,4
Questionnaire 2	52,4	33	8,7	5,8

8.3 Annexe 3

Résolution des équations diophantiennes $ax+by=c$

Define LibPub diophant(a,b,c)=

Prgm

```

:Ⓒdiophant(a,b,c) : ax+by=c - Jg
:Local g,k,o,r,q,s,t,u,v,u0,u1,v0,v1,m,y,d,h
:If c=0 Then
:Disp a,"x +",b,"y=0 <=> ",a,"x = ",-b,"y"
:While gcd(a,b)<=1
:((a)/(gcd(a,b)))->d
:((b)/(gcd(a,b)))->h
: Disp a,"x =",-b,"y <=> ",d,"x =",-h,"y"
: Disp "* Solution particulière : {",-h,",",",d,"}"
: Disp "* Si (x,y) est une solution alors :"
:Disp "* ",d,"|",-h,"y ; pgcd(",d,",",-h,"")=1
donc d'après Gauss ",d,"|y, il existe k dans Z y=",d,"k"
:Disp "* ",-h,"|",d,"x ; pgcd(",d,",",-h,"")=1
donc d'après Gauss ",-h,"|x, il existe k' dans Z x=",,-h,"k'"
: Disp "Or ",d,"x =",-h,"y, ",d,"(",,-h,"k')=",,-h,"(",d,"k) => k=k'"
: Disp "Si (x,y) est solution alors k∈Z x=",,-h,"k, y=",d,"k"
: Disp "$\forall k∈Z, ",d,"(",,-h,"k)=",d*-h,"k=",,-h,"(",d,"k)"
: Disp "CCL : l'ensemble des solutions de ",d,"x=",,-h,"y est :"
: Disp "{x=",,-h,"k et y=",d,"k, k∈Z}"
:Stop
:EndWhile
:Disp "* Solution particulière : {",-b,",",",a,"}"
:Disp "* Si (x,y) est une solution alors :"
:Disp "* ",a,"|",-b,"y ; pgcd(",a,",",-b,"")=1
donc d'après Gauss ",a,"|y, il existe k dans Z y=",a,"k"
:Disp "* ",-b,"|",a,"x ; pgcd(",a,",",-b,"")=1
donc d'après Gauss ",-b,"|x, il existe k' dans Z x=",,-b,"k'"
:Disp "Or ",a,"x =",-b,"y, ",a,"(",,-b,"k')=",,-b,"(",a,"k) => k=k'"
:Disp "Si (x,y) est solution alors il existe k dans Z x=",,-b,"k, y=",a,"k"
:Disp "* il existe k dans Z, ",a,"(",,-b,"k)=",a*-b,"k=",,-b,"(",a,"k)"
:Disp "CCL : l'ensemble des solutions de ",a,"x=",b,"y est :"
:Disp "{x=",,-b,"k et y=",a,"k, k dans Z}"
:Stop
:EndIf
:If ((c)/(gcd(a,b)))/=int(((c)/(gcd(a,b)))) Then
:Disp c," n'est pas un multiple de pgcd(",a,",",b,"") => pas de solution !"
:Stop
:EndIf
:While gcd(a,b)->1

```

```

:((a)/(gcd(a,b)))->g
:((b)/(gcd(a,b)))->k
:((c)/(gcd(a,b)))->o
:Disp a,"x+",b,"y=",c,"<=>",g,"x+",k,"y=",o
:diophant(g,k,o)
:Stop
:EndWhile
:Disp "Résolution de ",a,"x+",b,"y=",c
:Disp "Existence des solutions :"
:Disp "pgcd(",a,",",b,")=1
donc d'après le corollaire 2 du th. de Bézout il existe des solutions."
:Disp "Détermination d'une solution particulière par l'alg. d'Euclide :"
:1->u0
:0->u1
:0->v0
:1->v1
:b->y
:remain(a,b)->r
:If r=0 Then
:If a>b Then
:1->u1
:-1->v1
:Else
:-1->u1
:1->v1
:EndIf
:Goto fin
:EndIf
:((a-r)/(b))->q
:u0-q*u1->u
:v0-q*v1->v
:Loop
:remain(b,r)->m
:((b-m)/(r))->q
:u1-q*u->s
:u->u1
:s->u
:v1-q*v->t
:v->v1
:t->v
:r->b
:m->r
:If r=0 Then
:Goto fin

```

```

:EndIf
:EndLoop
:Lbl fin
:Disp a,"?",u1,"+",y,"?",v1,"=",gcd(a,y)
:If gcd(a,y)->c Then
:Disp "<=> ",a,"?",c*u1,"+",y,"?",c*v1,"=",c*gcd(a,y)
:EndIf
:y->b
:Disp "{",c*u1,",",c*v1,"} est une solution particulière."
:Disp "Détermination de toutes les solutions :"
:Disp a,"?",c*u1,"+",b,"?",c*v1,"=",a*c*u1+b*c*v1
:Disp a,"x+",b,"y=",a,"?",c*u1,"+",b,"?",c*v1
:Disp a,"x+",b,"y-",a,"?",c*u1,"-",b,"?",c*v1,"=0"
:Disp a,"(x-",c*u1,")+",b,"(y-",c*v1,")=0"
:Disp a,"(x-",c*u1,")=",b,"(y-",c*v1,")"
:Disp "Si (x,y) est une solution alors :"
:Disp a,"|",-b,"(y-",c*v1,") ; pgcd ("a,",",-b,")=1 donc d'après le th. de Gauss ",a,"|("
:Disp -b,"|",a,"(x-",c*u1,") ; pgcd ("a,",",-b,")=1 donc d'après le th. de Gauss ",-b,"|("
:Disp "Or ",a,"(x-",c*u1,")=",b,"(y-",c*v1,")"
:Disp "<=> ",a,"(",b,"k')=",b,"(",a,"k) => k=k'"
:Disp "Si (x,y) est solution alors  $\exists k \in \mathbb{Z}$ , x=",b,"k+",c*u1," et y=",a,"k+",c
:Disp "il existe k dans Z, ",a,"(",b,"k+",c*u1,")+",b,"(",a,"k+",c*v1,")=",c
:Disp "CCL : l'ensemble des solutions de ",a,"x+",b,"y=",c,"est :"
:Disp "{(",b,"k+",c*u1,")+",a,"k+",c*v1,") , k  $\in \mathbb{Z}$ "
:EndPrgm
Calculatrice Jg, juin 09

```

8.4 Annexe 4

Questionnaire professeur 0

Aux enseignants de mathématiques du Lycée Clemenceau. Bien entendu, dans notre travail, les réponses seront anonymées. Pouvez-vous prendre sur votre temps un quart d'heure pour remplir ce questionnaire ? Merci d'avance pour votre coopération.

Hussein SABRA, le 2 décembre 2008

1. Depuis combien de temps enseignez-vous ? Depuis combien de temps enseignez-vous au Lycée Clemenceau ?

2. Dans quelles classes enseignez-vous ?

3. Utilisez-vous la technologie pour vos besoins extra-professionnels (messagerie, Internet, logiciels, autres) ?

Si oui, quel type de technologie, avec quelle intensité et depuis combien de temps ?

4. Utilisez-vous la technologie pour la préparation de vos cours (messagerie, Internet, logiciels, autres) ?

Si oui, quel type de technologie, avec quelle intensité et depuis combien de temps ?

5. Utilisez-vous la technologie en classe (messagerie, Internet, logiciels, autres) ?

Si oui, quel type de technologie, avec quelle intensité et depuis combien de temps ?

6. Quel est le rôle de la technologie dans votre travail d'enseignement ?

7. Faites-vous des réunions entre collègues au lycée ? Si oui, avec quels collègues (quelques collègues de math, équipe pédagogique d'une classe, équipe sur projet ?) dans quel objectif et avec quelle fréquence ?

8. Faites-vous des échanges pour la préparation de vos cours avec les collègues ? Si oui, expliquer avec qui vous échangez des ressources, sur quel support (mel, papier ?), dans quel objectif et avec quelle fréquence ?

9. Est-ce qu'il y a un endroit de dépôt commun de ressources pour l'équipe des professeurs de mathématiques du lycée ? Si oui précisez le lieu et la nature des dépôts.

10. Comment se déroule la préparation des devoirs en commun ? (en présence par des réunions, à distance par des échanges mail ou autres)

Merci

8.5 Annexe 5

Questionnaire professeur 1

Aux enseignants du Lycée Clemenceau, expérimentateurs de la calculatrice TI-nspire dans le cadre du projet Systemic Initiative. Comme convenu, il y aura trois questionnaires cette année. Nous avons déjà réalisé un premier questionnaire dont le but était de mieux connaître votre environnement. Maintenant c'est le temps du questionnaire 1, pour aller plus loin dans les détails et vous recevrez le questionnaire 2 au mois de mai 2009. Pourriez-vous prendre sur votre temps une demi-heure pour remplir ce questionnaire ? Bien entendu, dans notre travail, les réponses seront anonymées. Merci pour votre aide.

Le 12 janvier 2009, Hussein Sabra

Nom et prénom :

Age :

I- Les mathématiques comme domaine scientifique

1. Quelle formation initiale avez-vous suivie ?

Baccalauréat série			
Ecole d'ingénieur	non	Oui	Si oui, laquelle
Licence	non	oui	Si oui, laquelle
Maîtrise	non	Oui	Si oui, laquelle
CAPES	non	Oui	Si oui, en quelle année
Agrégation	non	Oui	Si oui, en quelle année
Autres formations			

2. Avez-vous des bonnes/mauvaises souvenirs dans votre apprentissage des mathématiques ?
Comment qualifier votre rapport aux mathématiques depuis l'enfance ?

3. Parmi ces propositions, lesquelles ont contribué à votre rapport en mathématiques, pourquoi et comment :

Contribuant à ce rapport	Comment ?
Membres de la famille	
Des enseignants	
Des amis	
Des lectures	
Des événements	
Autres, précisez	

4. Pouvez-vous vous positionner sur l'axe entre l'aspect formel ou expérimental des mathématiques ? Pouvez-vous donner une raison expliquant votre positionnement ? Défendez-vous d'autres aspects des mathématiques ? précisez

Formel  Expérimental

5. Pouvez-vous réaliser un schéma qui illustre votre vision des rapports entre les mathématiques et les différentes disciplines scientifiques (physique, chimie, biologie, informatique et autres).

II- L'enseignement des mathématiques

Dans la suite de ce questionnaire on désigne par le mot «ressource» tout ce qu'utilise l'enseignant

pour préparer et réaliser son travail d'enseignement.

6. Précisez dans quel type d'établissement vous avez enseigné

- Collège nombre d'année :
 Lycée nombre d'année :
 Autres à préciser nombre d'année :

7. Indiquez pour chacun des thèmes mathématiques suivants : son intérêt et son degré de difficulté pour être enseigné (dans le niveau scolaire où vous avez enseigné) :

Thème	Ce thème est pour vous	L'enseignement de ce thème est	commentaires
Calcul et arithmétique	<input type="checkbox"/> intéressant <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> pas intéressant	<input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> facile	
Géométrie	<input type="checkbox"/> intéressant <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> pas intéressant	<input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> facile	
Géométrie dans l'espace	<input type="checkbox"/> intéressant <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> pas intéressant	<input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> facile	
Statistiques	<input type="checkbox"/> intéressant <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> pas intéressant	<input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> facile	
Analyse	<input type="checkbox"/> intéressant <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> pas intéressant	<input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> facile	
Algèbre	<input type="checkbox"/> intéressant <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> pas intéressant	<input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> facile	
Probabilités	<input type="checkbox"/> intéressant <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> pas intéressant	<input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> neutre <input type="checkbox"/> facile	

8. Lors de la préparation des séances pour la classe quelles sont vos sources de documentation ?

Source	Non	Faible	Forte
Les programmes et/ou les documents d'accompagnement			
Les manuels scolaires de la classe			
Des manuels scolaires autres que ceux dont disposent les élèves			
Des livres de mathématiques			
Des ressources en ligne			

Des ressources que vous avez élaborées dans les années précédentes			
Des ressources échangées avec des collègues			
Des ressources rencontrées en formation			
Autres, précisez			

9. Quels sont les critères qui, pour vous, caractérisent une bonne ressource?
10. Lors de la préparation d'une séance d'enseignement, qu'est ce que vous paraît déterminant ?
- Le niveau moyen des élèves de la classe
- Le niveau des moins bons élèves de la classe
- Le niveau des meilleurs élèves de la classe
- Des besoins particuliers d'élèves de la classe
- Autres paramètres, précisez.
11. Comment prenez-vous cela en compte ?
12. Si vous n'aviez pas été enseignant des mathématiques, quel autre métier auriez-vous aimé faire ? Pour quelles raisons ?
13. En quelques lignes, comment qualifier votre profession d'enseignant des mathématiques ?

III. La technologie dans/pour l'enseignement des mathématiques

L'abrégié TICE signifie Technologie d'Information et de Communication pour l'Enseignement. Cochez une case convenable pour chacune des propositions suivantes (14 à 16)

7. La technologie en générale et les outils technologiques vous intéressent.
- pas du tout peu raisonnablement beaucoup
8. L'utilisation de la technologie actualise votre activité d'enseignement des mathématiques.
- pas du tout peu raisonnablement beaucoup
9. Les TICE motivent l'apprentissage des élèves
- pas du tout peu raisonnablement beaucoup
10. Avez-vous suivi des formations sur l'utilisation de la technologie dans l'enseignement des mathématiques ? Pouvez-vous répondre en remplissant le tableau suivant.

Année	Thème de formation	durée	Modalité (formation continue, atelier, formation à distance, autres)	Organisé par	Utilité de cette formation sur votre pratique d'enseignement ?
2008					
2007					
2006					
2005					
2004					
Autres années					

11. Parmi les outils technologiques suivants quels sont ceux que vous utilisez avec vos élèves en classe?

Les outils technologiques	Fréquence d'utilisation
Calculatrices graphiques	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Calculatrices symboliques	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Logiciels de géométrie dynamique	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Logiciel de calcul formel	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Logiciel en ligne	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Tableur	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Exerciseur	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Aucun	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Autres, précisez	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent

12. Quel sont les rôles principaux que vous assignez aux TICE (logiciels, calculatrices, autres...) dans votre enseignement :

Rôle	Non	Faible	Fort
Dans la construction du savoir mathématique des élèves			
Pour mettre en relation les notions et leur signification			
Pour faire fonctionner des notions et concepts mathématiques			
Pour développer la collaboration entre élèves			
Autres rôles, à préciser			

--	--	--	--

13. Y a-t-il un thème précis pour lequel les TICE vous semble particulièrement pertinentes pour la préparation d'une séance de classe ? Pour quelle raison ?

Thème	Pour quelle raison ?
<input type="checkbox"/> Calcul <input type="checkbox"/> Analyse <input type="checkbox"/> Géométrie <input type="checkbox"/> Géométrie dans l'espace <input type="checkbox"/> Algèbre <input type="checkbox"/> Probabilités <input type="checkbox"/> Statistiques	

14. Quel est le rôle de l'ordinateur dans vos préparations de cours ?

Rôle de l'ordinateur	Comment ?
Principal	
Marginal	
Ça dépend	Dépend de quoi ?

15. L'ordinateur avec la connexion internet change votre préparation de cours ? Si oui, en quoi ?

Ordinateur avec internet change la préparation de cours ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Si oui, en quoi ?	<input type="checkbox"/> Vous échangez plus de ressources (Par clé USB, mail, etc.). <input type="checkbox"/> Vous utilisez et vous modifiez davantage les ressources préparées antérieurement. <input type="checkbox"/> Vous répertoriez vos documents autrement. <input type="checkbox"/> Autre changement, précisez.

16. Utilisation de la TI-nspire CAS

Type de classe sujet	Classe expérimentale	Autres classes
Utilisation pour le professeur	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent

Utilisation demandée aux élèves	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent
	<input type="checkbox"/> Très souvent	<input type="checkbox"/> Très souvent

17. Utilisation du logiciel TI-*nspire* CAS

Type de classe sujet	Classe expérimentale	Autres classes
Utilisation pour le professeur	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent
Utilisation demandée aux élèves	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent

18. L'intégration de la calculatrice dans la classe des mathématiques pose-t-elle des problèmes? Si oui, pouvez-vous préciser les difficultés rencontrées ?

- La conception des ressources adaptées à cette nouvelle calculatrice
- Une modification profonde de la préparation des cours et des exercices à proposer aux élèves
- La prise en main de la calculatrice demande trop de temps
- L'utilisation de cette calculatrice ne ressemble jamais à un outil technologique que j'ai déjà utilisé
- Autres précisez

IV. Travail collectif et/ou travail collaboratif

19. Avez-vous une expérience dans des structures collectives ?

	laquelle	quelle période	Motif d'engagement dans des telles équipes
Associative (autre que mathématique)			<input type="checkbox"/> Se former <input type="checkbox"/> Echanger des expériences <input type="checkbox"/> Concevoir ensemble des ressources <input type="checkbox"/> Faire face à un problème ou nouvel événement <input type="checkbox"/> Autres, précisez
Associative professionnelle			<input type="checkbox"/> Se former <input type="checkbox"/> Echanger des expériences

(APMEP ou autres)			<input type="checkbox"/> Concevoir ensemble des ressources <input type="checkbox"/> Faire face à un problème ou nouvel événement <input type="checkbox"/> Autres, précisez
De recherche (IREM ou autres)			<input type="checkbox"/> Se former <input type="checkbox"/> Echanger des expériences <input type="checkbox"/> Concevoir ensemble des ressources <input type="checkbox"/> Faire face à un problème ou nouvel événement <input type="checkbox"/> Autres, précisez
Institutionnelle (IPR, IUFM, formation continue ou autres)			<input type="checkbox"/> Se former <input type="checkbox"/> Echanger des expériences <input type="checkbox"/> Concevoir ensemble des ressources <input type="checkbox"/> Faire face à un problème ou nouvel événement <input type="checkbox"/> Autres, précisez

20. Travaillez-vous avec d'autres collègues au lycée Clemenceau ?

Des collègues expérimentant TI-*n*spire ?

non rarement souvent très souvent

D'autres collègues de mathématiques ?

non rarement souvent très souvent

D'autres collègues ? (dans quel contexte ?)

non rarement souvent très souvent

21. L'expérimentation de la calculatrice TI-*n*spire se déroule avec un groupe d'enseignants de mathématiques du lycée Clemenceau. Pouvez-vous tracer un schéma qui situe ce groupe d'enseignants expérimentateurs **au lycée Clemenceau**, les rapports entre les membres de ce groupe, les rapports avec les autres enseignants du lycée (de mathématiques et d'autres disciplines), ses relations avec l'administration et autres protagonistes ?

Merci beaucoup

8.6 Annexe 6

Bonjour,

Certains d'entre vous ont été surpris par le questionnaire que je vous ai adressé, je suis vraiment désolé de ne pas avoir assez bien présenté mon projet. Je voudrais par ces quelques lignes revenir sur le cadre de mon travail, je peux préciser tel ou tel point davantage si vous le souhaitez.

Je suis engagé depuis cette année dans un travail de thèse qui interroge les conditions de travail des enseignants de mathématiques, les ressorts de la conception de ressources, de la collaboration entre collègues, de l'intégration de nouveaux outils. Le regard que je porte sur l'expérience en cours au lycée Clemenceau constitue donc une partie de mon travail.

Ce qui se passe au lycée Clemenceau m'intéresse beaucoup, ce n'est pas tous les jours que les professeurs d'un lycée, en même temps, intègrent un nouvel outil. Les questionnaires que je vous propose ont pour objectif, à la fois de suivre l'intégration de la calculatrice, de comprendre les difficultés de l'entreprise, ce qu'apporte le travail collaboratif, et les évolutions professionnelles que cela révèle ou provoque.

Voilà pourquoi j'essaie de relever aussi les points de vue sur les mathématiques, la technologie, de situer l'expérience en cours dans des parcours professionnels un peu globaux : on comprend mieux les choses si on bénéficie du recul du temps. Ce sont peut-être ces questions qui vous ont étonnés.

Avant de faire cette thèse, j'ai passé le CAPES au Liban, et j'ai enseigné pendant deux ans dans des collèges et lycées de ce pays, dans des circonstances difficiles. En même temps que ma thèse, j'enseigne aussi cette année à l'IUT de Lyon pour financer mes études, et donc je garde un contact avec l'enseignement, et je connais donc un peu la complexité du métier, et j'imagine bien la complexité de votre tâche cette année, avec ce nouvel environnement et les questions supplémentaires que je vous pose !

J'espère que mes explications auront levé les ambiguïtés que ma démarche avait pu susciter... parce que l'aide que vos réponses aux questionnaires me procurent est vraiment essentielle pour moi ! Je vous remercie beaucoup pour les questionnaires que vous pourrez me retourner...

Cordialement

Hussein SABRA

8.7 Annexe 7

Questionnaire professeur 2

Aux enseignants du Lycée Clemenceau, expérimentateurs de la calculatrice TI-nspire. L'année scolaire vient de s'achever, de même pour la première année de l'expérimentation de la technologie n-spire. Nous avons déjà réalisé deux questionnaires (questionnaire 0 et questionnaire 1), maintenant c'est le

temps du questionnaire 2. Pourriez-vous prendre sur votre temps une demi-heure pour remplir ce questionnaire? Bien entendu, dans notre travail, les réponses seront anonymées. Merci pour votre aide.

Le 11 mai 2009,
Hussein Sabra

Des ressources que vous avez élaborées dans les années précédentes			
Des ressources échangées avec des collègues			
Des ressources rencontrées en formation			
Autres, précisez			

5. Quelles ont été vos sources de documentation pour la préparation des séances faisant intervenir la technologie n -spire.

6. La technologie en générale et les outils technologiques vous intéressent.

pas du tout peu raisonnablement beaucoup

7. L'utilisation de la technologie actualise votre activité d'enseignement

pas du tout peu raisonnablement beaucoup

8. Les TICE motivent l'apprentissage des élèves

pas du tout peu raisonnablement beaucoup

9. Quels sont les rôles principaux que vous assignez aux TICE (logiciels, calculatrices et autres...) dans votre enseignement :

Rôle	Pas du tout	Faible	Fort
Dans la construction du savoir mathématique des élèves			
Pour mettre en relation les notions et leur sens			
Pour faire fonctionner des notions et concepts mathématiques			
Pour développer la collaboration entre élèves			
Autres rôles, à préciser			

10. Y a-t-il un thème précis pour lequel les TICE vous semble particulièrement pertinentes pour la préparation d'une séance de classe ? Pour quelle raison ?

Thème	Pour quelle raison ?
<input type="checkbox"/> Calcul <input type="checkbox"/> Analyse <input type="checkbox"/> Géométrie <input type="checkbox"/> Géométrie dans l'espace <input type="checkbox"/> Algèbre <input type="checkbox"/> Probabilités <input type="checkbox"/> Statistiques	

11. En fonction de la fréquence d'utilisation de l'ordinateur pour la préparation de votre enseignement, pouvez-vous ordonner¹ les années par ordre croissant :

- 2006/2007
- 2007/2008
- 2008/2009

12. Quelles sont les raisons de cet ordre?

13. Quels sont les critères qui, pour vous, caractérisent une bonne ressource ?

14. Pour vous, c'est quoi une ressource adaptée à la technologie *n*-spire ?

15. Les ressources que vous avez élaborées cette année sont :

: année 2007/2008

: année 2008/2009

P.S. : il suffit de prendre le curseur (en cliquant) et de le placer sur l'axe

TP	Echangées avec des collègues	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Trouvées sur un site	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Elaborées dans les années précédentes	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Autres, précisez	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
Cours	Echangées avec des collègues	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Trouvées sur un site	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Elaborées dans les années précédentes	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Autres, précisez	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
Epreuve commun	Echangées avec des collègues	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Trouvées sur un site	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Elaborées dans les années précédentes	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Autres, précisez	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
Devoir surveillé	Echangées avec des collègues	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Trouvées sur un site	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Elaborées dans les années précédentes	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Autres, précisez	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
Devoir à la maison	Echangées avec des collègues	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Trouvées sur un site	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Elaborées dans les années précédentes	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>
	Autres, précisez	<i>Pas du tout</i>	<i>Beaucoup</i>

16. L'expérimentation cette année avec la technologie *n*-spire a:

¹ Vous pouvez ordonner les choix en les numérotant 1, 2, 3...

Ajouter des difficultés à votre travail de préparation de cours	<input type="checkbox"/> pas du tout	<input type="checkbox"/> peu	<input type="checkbox"/> raisonnablement	<input type="checkbox"/> beaucoup
Ajouter des difficultés à la configuration de la classe avec la technologie	<input type="checkbox"/> pas du tout	<input type="checkbox"/> peu	<input type="checkbox"/> raisonnablement	<input type="checkbox"/> beaucoup
Modifier votre rapport aux mathématiques	<input type="checkbox"/> pas du tout	<input type="checkbox"/> peu	<input type="checkbox"/> raisonnablement	<input type="checkbox"/> beaucoup
Favoriser vos interactions avec les élèves	<input type="checkbox"/> pas du tout	<input type="checkbox"/> peu	<input type="checkbox"/> raisonnablement	<input type="checkbox"/> beaucoup
Faciliter votre enseignement de certaines notions	<input type="checkbox"/> pas du tout	<input type="checkbox"/> peu	<input type="checkbox"/> raisonnablement	<input type="checkbox"/> beaucoup
Autres, précisez	<input type="checkbox"/> pas du tout	<input type="checkbox"/> peu	<input type="checkbox"/> raisonnablement	<input type="checkbox"/> beaucoup

17. Parmi les potentialités ci-dessous de la calculatrice, donnez votre avis en fonction de la fréquence d'utilisation dans votre travail cette année :

Les outils technologiques	Fréquence d'utilisation
L'usage de calcul formel	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
L'usage du tableur dans une calculatrice	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
L'usage du lien entre les applications que permet cette technologie	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
L'usage de la version logiciel pour l'ordinateur	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
L'usage de la projection d'écran de la calculatrice	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
L'usage de la vidéo-projection de l'écran du logiciel	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
L'usage des aspects dynamiques	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
la gestion des documents	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Aucun	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
Autres, précisez	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> peu <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent

18. Y a-t-il un thème précis pour lequel les TICE vous semble particulièrement pertinentes pour la préparation d'une séance de classe ? Pour quelle raison ?

Thème	Pour quelle raison ?
<input type="checkbox"/> Calcul <input type="checkbox"/> Analyse <input type="checkbox"/> Géométrie <input type="checkbox"/> Géométrie dans l'espace <input type="checkbox"/> Algèbre <input type="checkbox"/> Probabilités <input type="checkbox"/> Statistiques	

19. L'engagement dans cette expérimentation a-t-il changé votre façon de préparer vos cours ?
Si oui, en quoi ?

	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Si oui, en quoi ?	<input type="checkbox"/> Vous avez échangé plus de ressources avec les collègues (Par clé USB, mail, etc.). <input type="checkbox"/> Vous avez modifié davantage les ressources préparées antérieurement. <input type="checkbox"/> Vous répertoriez maintenant vos documents autrement. <input type="checkbox"/> Autre changement, précisez.

20. Utilisation de la calculatrice TI-*n*spire CAS

Type de classe sujet	Classe expérimentale	Autres classes
Utilisation par le professeur	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent
Utilisation demandée aux élèves	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent

21. Utilisation du logiciel TI-*n*spire CAS

Type de classe sujet	Classe expérimentale	Autres classes
Utilisation par le	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent

professeur	
Utilisation demandée aux élèves	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent

22. Rangez² par ordre croissant les difficultés que vous avez rencontrées cette année, lors de votre travail avec la technologie *n*-spire
- La conception des ressources adaptées à cette nouvelle technologie
 - La modification dans la préparation des cours et des exercices pour les séances d'enseignement
 - La nouveauté et l'originalité de cette technologie
 - Autres précisez

23. Comment avez-vous essayé de surmonter les difficultés que vous avez rencontrées :

Recours au site de Texas Instrument	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent
Demande une aide d'un collègue au lycée	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent
Demande une aide d'un collègue hors lycée	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent
Essai individuel de surmonter les difficultés	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent
Discussion avec un enseignant qui rencontre les mêmes difficultés	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent
Autres, précisez	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Parfois <input type="checkbox"/> Souvent <input type="checkbox"/> Très souvent

24. Le nombre de réunions et rencontres entre les enseignants de mathématiques au Lycée a-t-il augmenté cette année par rapport aux années précédentes ? Si oui, pour quelles raisons à votre avis ?
- Oui non

25. Au cours de cette année avez-vous travaillé avec d'autres collègues au lycée Clemenceau ?

Des collègues expérimentant TI <i>n</i> -spire ?	<input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> rarement <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
D'autres collègues de mathématiques ?	<input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> rarement <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent
D'autres collègues ? (dans quel contexte ?)	<input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> rarement <input type="checkbox"/> souvent <input type="checkbox"/> très souvent

26. Pour vous, que représente un travail en équipe entre des professeurs de mathématiques? quelles conditions, à votre avis, favorisent un travail de ce type ?

27. Qu'est-ce qu'a apporté de nouveau cette expérimentation à la vie de votre Lycée ?

Au niveau des rapports avec les	
---------------------------------	--

² Pour ranger les choix, vous pouvez mettre des numéros de 1 à 5, du moins difficile au plus difficile

enseignants de mathématiques	
Au niveau des rapports avec les enseignants des autres disciplines	
Au niveau des rapports avec l'administration	
Autres, précisez	

Merci beaucoup

8.8 Annexe 8

Grille d'entretien avec Alexis - Période 1

Hussein Sabra, le 4 décembre 2008

Le but de cet entretien est pour repérer la structure des ressources de l'enseignant et approcher son système documentaire individuel. Elle est inspirée de grilles réalisées dans le cadre de notre étude en Master (Sabra 2008), celui de (Gueudet et Trouche, fiche de travail) et (Margolinas et al 2007).

Cette grille constitue un outil de planification de l'entretien ainsi qu'un guide et un aide-mémoire. L'entretien, prévu est de durée une heure, enregistré en audio, des photos seront prises lors de l'entretien. Le professeur est interrogé chez lui, où l'on fait l'hypothèse qu'ils ont la plus grande partie de ses documents.

Première partie : Instruction au sosie, système documentaire

On propose à l'enseignant de se figurer qu'il ou elle est dans la situation suivante :

« Dans le cadre d'un échange scolaire, vous partez à l'étranger un an, un sosie te remplace, c'est quelqu'un qui a la même apparence que toi vous devez lui expliquer comment sont rangées, organisées, structurées, toutes les ressources (fichiers papiers, numériques...) que vous avez constituées pour développer les différentes activités liées à votre enseignement ».

Nous jouons le rôle du sosie : l'enseignant doit nous montrer les ressources, l'endroit où elles sont rangées (document papier, sur un ordinateur, sur le PC portable, et sur le PC fixe), etc.. (s'il n'évoque pas tous les types de ressources, je suggère : livres, fiches personnelles, sites ?, je peux proposer ici une question sur le rôle des fiches personnelles)

Ensuite, on demande en complément une hiérarchisation des ressources : qu'est-ce qui est le plus important etc.

- quelles sont celles que vous jugez les plus importantes pour organiser votre enseignement ?
- comment échangez-vous des ressources avec des collègues ? (je laisse l'enseignant répondre, éventuellement je précise : sur papier, par mel, via une plate-forme, via une clé USB...). Du point de vue de ces échanges, c'était comment il y a 15 ans ?
- ces échanges sont intéressants pour vous dans quels types d'activité (activité de recherche, préparation de cours, exercices d'entraînement, devoir à la maison ?), comment sont rangés ces différents types de ressources ? (je laisse l'enseignant répondre lui-même, je suggère éventuellement : par thème mathématique ou par type d'activités, ou autre ?).
- comment et sur quels types de supports sont rangées vos ressources, dans l'ordre décroissant d'importance ? (je laisse l'enseignant répondre lui-même, s'il n'évoque pas tous les supports je lui en rappelle : ordinateur ? fixe, portable, les deux - classeur papier, etc.).
- comment ont évolué ces supports ? C'était comment depuis 15 ans ?

Deuxième partie : représentation schématique

La mise en évidence de la variété des différents types de supports et de leur évolution cette partie qui suit, où l'on demande au professeur une description des supports et du rangement évoqués, à l'aide d'un schéma (une feuille de papier A3 quadrillée est fournie avec une feuille calque, avec des feutres de couleurs,) :

- pouvez-vous faire des petits schémas pour décrire comment sont rangées les ressources dans l'ordinateur (ou les ordinateurs), dans les classeurs papiers, ou dans des autres places éventuelles.
- pouvez-vous mettre en relation les différents schémas ? On lui donne 15 minutes pour tracer ce schéma. On fait des rappels s'il oublie quelques choses de ce qui est évoqué dans les questions ci-dessus.

Ensuite, on demande un commentaire de sa part sur la question suivante :

- c'était comment, il y a 15 ans ?

On laisse la feuille calque avec l'enseignant pour qu'il note des compléments ou des modifications, on récupère cette feuille avec le journal de bord après deux semaines.

Troisième partie : l'histoire de deux documents

Ensuite, on demande au professeur l'histoire de deux documents : ce qui forme un fil conducteur pour entrer dans les détails de la structure déjà évoquée.

- Est-ce qu'il y a des ressources pour le professeur qui vous ont particulièrement marqué ? Pouvez-vous en citer deux ?
- Pourquoi pour vous ces ressources sont remarquables ?
- Comment vous penser l'exploitation de ces ressources ? Comment vous penserez des exploitations futures de ces ressources ?

8.9 Annexe 9

Entretiens avant et après observation de la classe d'Alexis

Grille d'entretien avant l'observation en classe

Pour l'élaboration de cette grille d'entretien on s'est appuyé sur une grille d'entretien de Gueudet et Trouche (2009) dans la méthodologie d'investigation réflexive. Cet entretien se passe un jour avant la mise en œuvre en classe. Il se tient dans le lieu où Alexis a préparé sa séance (au Lycée ou au domicile). On utilise la méthode d'instruction au sosie dans une partie de cet entretien . L'entretien est enregistré et transcrit. Durée de l'entretien 45 minutes.

1. Quelle est la nature de la séance préparée (introduction d'une notion, résolution d'un problème, autres ?) ? Dans quel thème d'enseignement s'inscrit-elle ?
2. Pourquoi vous avez fait le choix de ce thème ?

3. C'est votre sosie qui va mettre en ?uvre dans la classe demain cette situation. Vous lui expliquez où sont les ressources nécessaires, comment elles ont été réunies et organisées (leur histoire), comment elles ont évolué au cours du temps, comment il doit les mettre en œuvre.
4. Vous utilisez la TI-nspire depuis un certain nombre de mois. Comment vous construisez des ressources adaptées à cette technologie (quelles types de ressources chercher et réunir ? comment les organiser ?).

Dans un entretien précédant (période 1), l'enseignant a tracé une représentation schématique de son système de ressource. On lui demande de noter sur un papier calque des changements éventuels dans son système de ressource. On lui demande aussi de noter où il a cherché les ressources pour préparer sa séance et où il situe les fiches élaborés sur le schéma.

Grille d'entretien à chaud avec Alexis après l'observation

Tout d'abord, on laisse Alexis parler 5 mn, pour qu'il dise d'abord ce que lui pense de cette séance. Ensuite on lui pose la question suivante :

En fonction de ce que vous avez préparé, qu'est-ce qui vous a paru notable, ou intéressant, ou remarquable ? dans les réactions des élèves ?

Parsuite, on demande d'Alexis de répondre à nos questions sur les écarts entre ce qui a été prévu et ce qui est réalisé dans la classe, cela en fonction de ce qui est noté dans les grilles d'observation.

Dans la dernière partie de cet entretien, on lui pose les questions suivantes :

Quelles sont les modifications que vous proposez pour des nouvelles mises en œuvre au futur des fichiers préparés pour cette séance ?

8.10 Annexe 10

Grille d'observation en classe

Nom de l'observateur :

I. Présentation générale

Date de l'observation :

Classe :

Heure et durée de la séance observée :

Contexte de la séance :

II. Organisation de la classe, éventuellement plan (la disposition des tables, des élèves, le tableau, des autres outils éventuels) :

8.11 Annexe 11

JOURNAL DE BORD

PRÉSENTATION DE LA RECHERCHE ET DU JOURNAL DE BORD

Pourquoi cette recherche ?

Notre recherche vise à analyser le travail des enseignants dans sa continuité, aussi bien en classe que hors classe. C'est un sujet qui a été peu abordé jusqu'à présent par la recherche ; or, la réalité de l'activité professionnelle des enseignants est peu connue (et même ignorée du grand public, en ce qui concerne la part hors classe du travail). De plus, les nouveaux outils à disposition des enseignants : ordinateurs, ressources en ligne etc. ont récemment fait évoluer ce travail.

Pourquoi un journal de bord ?

L'objectif de ce journal de bord est de suivre aussi précisément que possible le travail que vous effectuez. Ce travail peut se dérouler dans votre établissement scolaire, en présence des élèves ou non ; à votre domicile ; mais aussi dans une bibliothèque, lors d'un stage de formation continue, d'une conférence ? Il peut prendre des formes multiples : travail avec un collègue ou dans un groupe, recherche sur Internet, correction de copies, rencontre avec des parents d'élèves ? Le journal de bord permet de relater ces différents aspects du travail effectué, et de rendre compte précisément de votre activité professionnelle au jour le jour. Le journal, exclusivement à l'intention de chercheurs, sera bien sûr anonyme.

Comment remplir ce journal ?

Nous vous proposons de remplir ce journal de bord sur une durée de deux semaines. Le journal doit être rempli quotidiennement, en indiquant sur chaque page la date du jour.

Pour que le volume de notes à prendre ne soit pas trop important, celles-ci se concentreront sur une seule classe. Nous vous demandons de relever dans ce journal toute activité que vous considérez comme significative pour votre travail dans cette classe (il est donc préférable de noter autant que possible ces activités au fur et à mesure).

Merci de renseigner les différentes catégories prévues en étant aussi précis que possible pour chacune : les lieux, les durées, les protagonistes, les ressources citées et leur localisation (donner les références des livres, adresses des sites web la première fois que ceux-ci sont cités, l'endroit où vous rangez les ressources que vous réunissez ou que vous concevez pour des usages proches ou lointains)... Certaines activités ne concernent pas forcément directement la classe retenue : un stage de formation sur un nouveau logiciel, une séance de cours dans une autre classe qui amène une réflexion... De plus, certaines activités qui ne sont pas a priori professionnelles peuvent nourrir ensuite votre réflexion, comme la lecture d'un journal, les devoirs faits avec un enfant... Nous vous demandons de les noter également.

Table des figures

1	Un duo calculatrice-ordinateur, qui permet la gestion et l'échange de documents (à droite, la structure des répertoires d'un élève)	3
4.1	Structure de la méthodologie projetée	43
4.2	La méthodologie modifiée et réajustée	45
5.1	Elève Sherpa	52
5.2	Contenu de la calculatrice de J_g, avril 09.	58
5.3	Contenu de la calculatrice de Az, Avril 09	58
5.4	Calculatrice de G, janvier 09	59
5.5	Prise en main de la calculatrice	60
5.6	Evolution des opinions des élèves	63
5.7	Type de fiches élaborées dans les années précédentes à l'expérimentation, Alexis	82
5.8	Fiche élève, Marie, Janvier 2009	83
5.9	Evolution des ressources de Marie (à gauche) et Alexis (à droite)	84
5.10	Des extraits de ressources : distinction entre partie expérimentale et autre théorique	85
5.11	La représentation schématique de système de ressources d'Alexis, décembre	86
5.12	La représentation schématique de système de ressources d'Alexis, décembre	87
5.13	Elève Sherpa	90
5.14	Utilisation de la calculatrice pour des calculs formels	92
5.15	Une rétroaction mal comprise du logiciel	94

Liste des tableaux

2.1	Comparaison des ages des élèves de terminale du lycée Clemenceau et national	15
2.2	de la technologie pour la préparation de cours	17
5.1	Utilisation des accessoires de la technologie Nspire par les enseignants	49
5.2	Rôles principaux assignés aux TICE dans l'enseignement . . .	53
5.3	Thèmes mathématiques pertinent pour l'utilisation des TICE dans l'enseignement	54
5.4	Les potentialités de la technologie Nspire exploitées par les enseignants	54
5.5	Presque 90% des élèves trouvent en fin d'année l'utilisation de la calculatrice très facile ou facile.	60
5.6	Place de la TI-Nspire	60
5.7	Evolution de l'utilisation de la calculatrice	61
5.8	Rôle de l'ordinateur dans la préparation des cours	68
5.9	Utilisation de l'ordinateur dans les trois dernières années par les enseignants	68
5.10	Source de documentation des professeurs, décembre	71
5.11	Rôle dans l'ordinateur dans la préparation de cours, décembre	71
5.12	L'utilisation de la technologie Nspire, décembre	71
5.13	Travaillez-vous avec d'autres collègues au lycée Clemenceau?	72
5.14	Échanges pour la prise en main de la technologie par les enseignants, février	73
5.15	Conception de ressources utilisant la technologie Nspire, février	73
5.16	Source de documentation des enseignants expérimentateurs, juin - juillet	75
5.17	Engagement dans l'expérimentation et changement de préparation de cours	76
5.18	d'utilisation de la technologie Nspire par les professeurs, juin - juillet	76
5.19	Surmonter les difficultés d'utilisation de la technologie Nspire par les enseignants, juin - juillet	77

5.20	Travail collectif des enseignants expérimentateurs, juin - juillet	77
5.21	Les difficultés rencontrées dans le travail avec la technologie	
	Nspire	86