



HAL
open science

Le tableau blanc interactif, un outil pour la classe de mathématiques ?

Grégory Train

► **To cite this version:**

Grégory Train. Le tableau blanc interactif, un outil pour la classe de mathématiques?. Education. Université Paris-Diderot - Paris VII, 2013. Français. NNT : . tel-00921871

HAL Id: tel-00921871

<https://theses.hal.science/tel-00921871v1>

Submitted on 22 Dec 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT

Ecole doctorale

*Savoirs scientifiques : épistémologie, histoire des sciences, didactique
des disciplines*

DOCTORAT

Didactique des mathématiques

Grégory Train

Le tableau blanc interactif, un outil pour la classe de mathématiques ?

Thèse co-dirigée par Maha Abboud-Blanchard et Michèle Artigue

soutenue le 10 Décembre 2013

devant le jury

MAHA ABBOUD-BLANCHARD, LDAR, Université Paris Diderot (co-directrice),
MICHÈLE ARTIGUE, LDAR, Université Paris Diderot (co-directrice),
HAMID CHAACHOUA, LIG, MeTAH, Université Joseph Fourier,
GHISLAINE GUEUDET, CREAD, UBO et Université Rennes 2 (rapportrice),
KENNETH RUTHVEN, University of Cambridge (rapporteur),
FABRICE VANDEBROUCK, LDAR, Université Paris Diderot.

Remerciements

Table des matières

1	Questionnement initial.	8
1.1	Préambule.	9
1.2	Un nouvel objet dans la classe.	10
1.3	Positionnement de l'étude.	12
1.4	Problématique de l'étude	14
1.5	Transition	16
2	Cadrage théorique et méthodologie générale.	17
2.1	L'approche instrumentale.	18
2.1.1	Présentation	18
2.1.2	Transition	25
2.2	L'approche instrumentale en didactique des mathématiques.	26
2.2.1	Les débuts de l'approche.	27
2.2.2	La gestion des genèses instrumentales des élèves.	28
2.2.3	Les genèses instrumentales du professeur.	31
2.2.4	Développements récents	32
2.2.5	Bilan	35
2.3	Cadrage théorique de l'étude.	37
2.3.1	Délimitation et utilisation de l'approche instrumentale.	38
2.3.2	La théorie de l'action conjointe en didactique.	43
2.3.3	Délimitation et utilisation du cadre de la théorie de l'action conjointe didactique.	47
2.3.4	Articulation des deux approches.	48
2.4	Méthodologie générale et plan de l'étude	51
2.4.1	Conséquences du choix du cadrage sur la méthodologie générale	51
2.4.2	Plan de l'étude	53
3	Revue de la littérature.	58
3.1	Préambule.	59

3.1.1	Contexte international	59
3.1.2	Transition	62
3.2	Contexte de déploiement des TBI au Royaume-Uni	62
3.3	Etude de la littérature anglo-saxonne	67
3.3.1	Potentialités de la technologie TBI et considérations techniques	68
3.3.2	Vers un changement nécessaire des pratiques	71
3.3.3	Nature de l'interactivité	72
3.3.4	Impact des TBI	77
3.3.5	Formation professionnelle des enseignants	80
3.3.6	Récapitulatif	82
3.4	Contexte de déploiement des TBI en France	84
3.5	Etude de la littérature française	86
3.5.1	Etude d'un rapport sur le TBI à l'école	87
3.5.2	Etude critique du rapport Fourgous	90
3.5.3	Première réserves de la didactique des mathématiques	92
3.6	Regards croisés	92
3.7	Bilan et perspectives	94
4	Le TBI : entre potentialités et soutien.	96
4.1	Préambule.	98
4.1.1	Une inscription dans un processus de conception et d'usage.	98
4.2	L'objet TBI	103
4.2.1	Les éléments matériels du dispositif	103
4.2.2	L'élément logiciel du dispositif	105
4.2.3	Les périphériques complémentaires	107
4.2.4	Premier bilan	108
4.3	Les évolutions technologiques du dispositif TBI	109
4.3.1	Les outils "natifs" du logiciel	109
4.3.2	D'autres évolutions du dispositif	115
4.3.3	Le mode mathématique du logiciel	117
4.3.4	Second bilan	119
4.4	Besoins instrumentaux et interactivité	121
4.4.1	L'environnement de conception du logiciel	121
4.4.2	Troisième bilan	123
4.5	Synthèse de l'étude du dispositif technique	125
4.6	Regards institutionnels sur le TBI	127
4.6.1	Modalités d'intégration des technologies dans les programmes	127
4.6.2	Position institutionnelle : première approche	131

4.6.3	Positionnement institutionnel : seconde approche	134
4.6.4	Discussion	141
4.7	Les ressources	143
4.7.1	Etude quantitative des bases institutionnelles	144
4.7.2	La base Educ'Base en détail	146
4.8	Bilan	159
5	Etude des questionnaires.	163
5.1	Problématique et démarche de l'étude par questionnaire.	164
5.2	Les questionnaires	165
5.2.1	Conception et analyse <i>a priori</i>	165
5.2.2	Mise au point et passation	173
5.2.3	Méthodologie d'analyse	174
5.3	Etude des questionnaires	178
5.3.1	Etude du questionnaire à destination des non utilisateurs . . .	178
5.3.2	Mise en oeuvre de l'analyse	181
5.3.3	Profil des enseignants non utilisateurs	186
5.3.4	Etude du questionnaire à destination des utilisateurs des TBI	190
5.3.5	Mise en oeuvre de l'analyse	196
5.3.6	Profils des enseignants utilisateurs	201
5.4	Synthèse de l'étude des questionnaires	204
5.4.1	Synthèse de l'étude du premier questionnaire	204
5.4.2	Synthèse de l'étude du second questionnaire	208
5.4.3	Regards croisés des deux populations et poursuite de l'étude .	210
6	Regards sur les entretiens	213
6.1	Les enjeux spécifiques des entretiens	214
6.2	Conception et méthodologie	215
6.2.1	Choix des profils	215
6.2.2	Les entretiens	216
6.2.3	Lecture des entretiens	218
6.3	Résultats	226
6.3.1	La dimension instrumentale	227
6.3.2	La dimension orchestrative	232
6.3.3	Profils d'usagers et spécificités des usages	250
6.4	Bilan de l'étude et perspectives.	258
6.4.1	Bilan	258
6.4.2	Perspectives	265

7	Analyse des séances	267
7.1	Introduction	268
7.2	L'activité de conception des enseignants	269
7.2.1	Activité de conception des séances et construction du jeu au sein de l'environnement artefactuel TBI.	269
7.2.2	Méthodologie d'analyse de l'activité de conception	270
7.2.3	Critères d'appréciation retenus pour l'analyse	272
7.2.4	Exemples d'analyse de l'activité de conception	274
7.2.5	Résultats de l'étude	300
7.3	Regard quantitatif sur les séances conduites en classe	306
7.3.1	Choix méthodologiques de l'étude quantitative	306
7.3.2	Exemples de trois vidéogrammes	313
7.3.3	Résultats quantitatifs	316
7.4	Episodes particuliers à l'étude	324
7.4.1	Choix des épisodes	324
7.4.2	Episodes relatifs aux usagers expérimentés	327
7.4.3	Episodes relatifs aux usagers occasionnels	347
7.5	Conclusion	359
8	Conclusions et Perspectives	362
8.1	Questions inaugurales	363
8.2	Résultats de l'étude	363
8.3	Cadrage théorique et méthodologique : potentialités et limites	373
8.4	Questions posées par l'étude et perspectives	376
A	Compatibilité des solutions logicielles des TBI	390
B	Médiafiches	392
C	Entretiens avec l'Inspection	395
D	Grilles d'analyse Educ'Base	413
E	Analyse commentée des questionnaires	417
F	Les questionnaires en ligne	442
G	Entretiens	450
H	Articulation entre cadres et registres	474

I Analyse de la conception

Chapitre 1

Questionnement initial.

Sommaire

1.1	Préambule.	9
1.2	Un nouvel objet dans la classe.	10
1.3	Positionnement de l'étude.	12
1.4	Problématique de l'étude	14
1.5	Transition	16

1.1 Préambule.

L'intégration des technologies informatiques puis numériques au sein de l'école est apparue, aux yeux de l'institution scolaire, depuis longtemps déjà¹, comme un levier possible d'évolution du système scolaire. Ces dernières années, l'évolution technologique soutenue et son impact sur le fonctionnement même de nos sociétés semblent avoir érigé l'innovation technologique comme un attribut privilégié du changement, à la fois moteur d'évolution de l'école mais, plus encore, de l'ordre de la nécessité sociale. Vidéo-projecteurs, ordinateurs portables, baladeurs numériques, tablettes et livres électroniques, mais aussi plateformes de *e-learning* ou encore espaces numériques de travail sont autant de technologies potentiellement mises à disposition des enseignants et de leurs élèves. Ces différents produits attestent d'une volonté forte d'ouverture de l'école au numérique et viennent aujourd'hui modifier le visage des établissements et la géographie de la classe. S'ils sont susceptibles de rencontrer les attentes d'une partie des enseignants les plus soucieux d'expérimentation, ces nouveaux produits demeurent cependant périodiquement questionnés : leur présence dans les classes est-elle la garantie d'un changement dans les pratiques enseignantes, d'un changement productif ? Les attentes institutionnelles portées par l'introduction de ces technologies sont-elles précisément identifiées et explicitées ?

Pour autant, cette direction reste privilégiée, et c'est autour d'un changement *medié* par la technologie que se cristallisent les nombreuses espérances d'une institution désireuse de voir s'étendre l'usage des outils technologiques au delà de la simple sphère des innovateurs. En 2010, le rapport de la mission parlementaire sur la modernisation de l'école par le numérique, confiée, par le premier ministre de l'époque François Fillon², à Monsieur Jean Michel Fourgous, député des Yvelines, annonçait les vertus d'une école modernisée : *"l'usage des TUIC³ en classe renforce durablement la mémorisation, la concentration, la motivation et la participation en cours. Facilitant et renouvelant les apprentissages, il favorise l'autonomie, la créativité, la collaboration et la confiance en soi des élèves qui développent de nouvelles compétences"*(Fourgous 2010). Pour l'auteur de ce rapport, le temps n'est plus de questionner la pertinence d'une révolution numérique à l'école, mais plutôt de faire en sorte que le système éducatif français puisse ne pas souffrir de la comparaison avec d'autres pays en matière d'équipements et d'usages des nouvelles technologies : il s'agit de poursuivre et systématiser un plan d'équipement des établissements, en partenariat avec les collec-

1. Un exemple emblématique est celui du plan *Plan Informatique pour Tous* initié en 1985

2. La lettre de cadrage envoyée par le premier ministre précise qu'il s'agit d'une mission de réflexion et de propositions pour la promotion des technologies dans l'enseignement scolaire

3. Technologies Usuelles de l'Information et de la Communication

tivités locales. Il s'agit de former les enseignants au numérique pour transformer leurs pratiques. Il s'agit également de réactualiser des stratégies institutionnelles plus anciennement éprouvées⁴, en intégrant les TUIC dans les examens et les programmes et en modifiant progressivement un discours tenu sur le mode de la recommandation et du souhaitable par un discours résolument ancré dans le registre injonctif et s'appuyant sur des phases d'expérimentation des TUIC menées parallèlement. Plus récemment, le 28 février 2013, la nouvelle équipe gouvernementale a rendu publique sa feuille de route sur le numérique et réaffirmé l'importance qu'elle lui accorde en l'étendant même au delà de la sphère scolaire⁵. Les perspectives d'intégration des technologies dans l'école apparaissent ainsi jouir d'un certain consensus au sein de la communauté politique.

Dans ce paysage éducatif en mouvement, un objet semblait cependant être épargné : le tableau noir, objet emblématique d'une école intemporelle et universelle et dont l'usage aujourd'hui apparaît quasi-transparent. D'un faible coût et d'une souplesse d'emploi reconnue, ce tableau semblait inlassablement décorer les murs des salles de classe. Cette situation permettait à Alain Mercier de tenir en 2001 les propos suivants : "*A ce jour, aucune technique multimédia d'information interactive et de communication n'offre la souplesse de travail collectif du tableau noir et l'efficacité didactique qui en découle*"(p. 239).

Mais cela était sans compter sur l'inventivité des industriels et l'arrivée quelques années plus tard d'un nouvel outil : *le tableau blanc interactif*.

1.2 Un nouvel objet dans la classe.

La technologie *tableau blanc interactif* a d'abord été désignée par l'acronyme TBI, puis plus récemment qualifiée de *tableau numérique interactif* (TNI) ou parfois de *tableau pédagogique interactif* (TPI), ce flottement sémantique marquant selon nous avant tout la volonté des promoteurs⁶ de lui frayer un chemin au sein de l'école et d'entreprendre sa conquête. En première approximation, la technologie tableau blanc interactif peut être décrite comme un dispositif constitué d'un ordinateur relié à un vidéo-projecteur et à un tableau blanc tactile qui sert d'écran de projection et sur

4. L'arrivée du tableur ou encore des logiciels de géométrie dynamique relève de ce type de stratégie

5. Un des volets de cette feuille de route concerne par exemple les vertus du numérique dans la compétitivité des entreprises. Concernant la formation des enseignants, ce sont aussi des formations en ligne en direction des professeurs titulaires qui sont pensées en terme de nouvelles obligations de service.

6. En Angleterre, pays dans lequel la technologie TBI est largement implantée, on parle quasi exclusivement de IWB : *Interactive White Board*

lequel il est possible d'annoter à l'aide d'un stylet. Il est ainsi possible de réaliser sur cette surface de projection agrandie un ensemble d'actions habituellement dévolues à l'ordinateur. Un logiciel dédié vient compléter ce dispositif et propose une variété de fonctions : aux côtés de celles héritées de technologies non numériques, telles que les flipcharts, les tableaux blancs, les rétroprojecteurs, les projecteurs de diapositives ou de vidéo, viennent s'ajouter d'autres fonctions, plus spécifiques :

- *le glisser-déposer* : déplacement des objets présents sur la surface de projection,
- *le cacher-révéler* : un objet placé sur un autre peut venir le masquer temporairement,
- *la surbrillance* : une couleur transparente peut être appliquée sur les objets,
- *le zoom* : seule une zone particulière de la surface de projection est visible,
- *l'animation* : les objets peuvent être tournés, agrandis, déformés...
- *la télé-impression* : des éléments textuels peuvent défiler continûment à l'écran,
- *la reconnaissance d'écriture et de formes* : le texte et les objets graphiques manuscrits sont transformés en objets codés numériquement.
- *la mémorisation* : enregistrement des objets présents sur la surface de projection,
- *les feed-back* : lorsqu'un objet est touché, une réponse visuelle ou auditive est produite.

De cette courte description, nous retenons le caractère dual de cette technologie, au carrefour de deux mondes : celui du tableau noir et celui du logiciel. Le premier est classiquement entrevu comme un moyen d'exposition du savoir, le lieu d'une écriture autorisée qui se donne à voir : un instrument de l'ostension. Mais son rôle ne se résume pas à exposer des mathématiques en classe, il est aussi un moyen de faire (et de faire faire) des mathématiques. En permettant l'activité mathématique et en la rendant observable de tous, le tableau s'érige en moyen de communication avec les élèves. Le monde du logiciel, quant à lui, est celui de la visualisation, des représentations manipulables et de l'expérimentation, porteur de techniques didactiques propres. Si la légitimité de ces deux mondes dans l'enseignement des mathématiques et leur complémentarité ne sont plus à démontrer, leur articulation reste problématique. La question est alors de savoir quel rôle est susceptible d'endosser la technologie tableau blanc interactif dans cette articulation et quelle place lui définir.

1.3 Positionnement de l'étude.

Notre ambition est de nous intéresser à l'utilisation du TBI faite en classe par les professeurs de mathématiques, étude qui s'inscrit dans des travaux plus généraux sur les pratiques enseignantes. Prendre comme point d'entrée dans l'étude cet objet technologique n'est cependant pas sans soulever quelques interrogations, qui tiennent, en premier lieu, aux spécificités de ce nouvel outil.

Dans le champ de la didactique des mathématiques, le tableau noir⁷ n'a fait que récemment l'objet de recherches⁸. Son intégration dans l'enseignement a constitué cependant, selon certains auteurs (Coulson 2006), une véritable révolution dans les pratiques, fondatrice d'un enseignement donnant accès aux enseignants à un moyen d'écrire publiquement, devant le regard de tous et à l'intention de tous. Les autres supports qui l'ont complété par la suite, que ce soient les transparents jusqu'à récemment du matériel de vidéoprojection, n'ont pas non plus semblé intéresser les didacticiens.

Les TBI constituent aujourd'hui une réalité de la salle de classe et tendent à se multiplier comme équipement scolaire. Arrivés en 2003 en France, ils ont connu un déploiement soutenu et constant. Le taux d'équipement des établissements a ainsi été multiplié par 10 en l'espace de quatre ans : de 5000 TBI dénombrés en 2007, ce sont 50000 TBI qui en 2010, équipaient les salles de classe⁹. Même si le taux d'équipement en France reste encore largement en deçà de celui constaté dans de nombreux autres pays¹⁰, le succès grandissant de cette technologie, substantiellement différente de celles que la recherche didactique a jusqu'ici étudiées, plaide en faveur d'une étude spécifique. L'arrivée de ce nouvel artefact dans les classes, s'érigant en potentiel remplaçant du tableau noir, est susceptible de modifier une certaine forme d'équilibre établi. Elle pointe dès lors la nécessité pour la recherche¹¹ de s'intéresser aux genèses instrumentales et aux genèses d'usage associées. Cette nécessité est d'autant plus grande que les recherches menées sur cette technologie dans des pays comme l'Angleterre, où un équipement systématique a été effectué depuis plusieurs années déjà et des recherches engagées sur les usages, soulignent que ces derniers peuvent

7. Et ses deux cents ans d'existence dans les classes témoignant d'une véritable appropriation par les enseignants

8. Robert et Vandebrouck (2003) se sont intéressés aux usages du tableau noir par les enseignants dans le cadre de l'étude des pratiques ordinaires de la classe

9. Cette progression apparaît relativement stable dans le temps, puisqu'entre 2009 et 2010, on note un quasi doublement du nombre de TBI

10. Le pourcentage de classes équipées en France en 2009 était de 6%, quand celui du Mexique atteint cette même année 29%, celui des Pays-Bas, 44% et celui de la Grande Bretagne, 70%. Ces éléments sont repris dans le détail dans le troisième chapitre de cette thèse

11. Même si cela doit inévitablement la condamner à courir derrière les transformations technologiques multiples qui s'opèrent au sein de l'école

s'avérer problématiques.

Le TBI est d'abord pensé pour une utilisation par le maître. Il constitue, pour les enseignants, un outil permettant d'accomplir certains objectifs liés à la gestion et l'animation de la classe. L'usage de cet outil ne relève cependant pas uniquement d'une ergonomie générale du métier et touche de près à la dimension disciplinaire : ce que l'enseignant choisit d'exposer à la classe contribue à la construction des savoirs de la discipline. Parce que cette technologie est d'abord destinée à outiller le travail de l'enseignant, notre intérêt premier est celui de sa réception par les professeurs, aux genèses d'usage à l'oeuvre chez ces derniers et à la façon dont elles impactent leur travail dans ses différentes dimensions, en classe et hors la classe.

La dimension technologique du TBI change le tableau de fonctionnalités nouvelles, et permet ainsi de réactualiser la question de son utilisation par les enseignants. Dans *"l'ensemble des moyens utilisés par les enseignants pour parvenir à leurs fins dans des activités de travail avec les élèves"*, cet artefact technologique est susceptible de modifier les capacités d'action du sujet par l'usage qu'il en fait, qui l'institue comme instrument et *"lui donne le statut de moyen pour atteindre les buts de son action"* (p.124) (Clot 1999). En particulier, le TBI peut être perçu comme un espace d'intégration technologique s'accommodant de perturbations minimales des pratiques usuelles, au moins en apparence, et de ce fait, plus facile à accepter par les enseignants. Le risque encouru est alors celui de conforter des pratiques transmissives sous couvert d'une apparente modernité. Il s'agit dès lors dans notre étude d'examiner précisément ce qu'il en est des genèses d'usage. Parce que ces genèses sont des processus longs, il s'agit également de se donner les moyens d'avoir accès aux dynamiques associées, de tenter d'y identifier régularités et variabilités, potentialités didactiques, et d'essayer d'en comprendre les raisons.

Enfin, parce que le TBI est un outil multimodal, autorisant l'usage de ressources¹² variées, nous pensons qu'il constitue une fenêtre ouverte sur le travail de préparation des enseignants, au centre de l'activité du professeur. Les ressources, sélectionnées, élaborées, ou encore modifiées par l'enseignant constituent un révélateur d'orientations et de choix de l'enseignant concernant l'itinéraire de construction des savoirs. Et ce n'est pas un révélateur transparent de ce que cherche à faire l'enseignant. Il renvoie à des contraintes qui relèvent du fonctionnement de l'outil, du savoir en jeu,

12. Dans la littérature coexistent différents sens attachés au terme de ressources : pour Contamines and Hotte (2007), le concept de "ressources éducatives englobe, de manière large, toute forme de ressources humaines et matérielles mises en oeuvre par l'enseignant ou par le système éducatif pour améliorer l'apprentissage", Gueudet et Trouche (2008) considèrent que le professeur, dans son travail de documentation, dispose d'un ensemble de ressources-artefacts, qui vont donner naissance, pour une tâche donnée, au cours d'une genèse documentaire, à un document-instrument. Nous utilisons ce mot dans son acception la plus large et précisons plus tard le point de vue adopté.

il renvoie également à un ensemble de contraintes dans lesquelles s'inscrit l'intervention de l'enseignant dans la classe, et des multiples fonctions qu'elle a à remplir simultanément.

1.4 Problématique de l'étude

Le travail que nous proposons de conduire trouve son premier point d'ancrage dans l'étude et le développement des usages de la technologie TBI, par les professeurs de mathématiques. A travers ce prisme, nous souhaitons investir les pratiques enseignantes médiées par cette technologie.

Tout dispositif qui étend les capacités de l'enseignant à montrer des choses aux élèves est susceptible de jouer un rôle important. L'arrivée de cette technologie, disposant d'une palette de fonctionnalités nouvelles, paraît pouvoir offrir un champ élargi de possibilités d'actions au professeur susceptible de faire survenir des pratiques nouvelles.

Examiner les possibilités qu'offre cet outil pour l'enseignement des mathématiques nécessite cependant de distinguer les fonctionnalités de l'outil, situées du côté des caractéristiques de l'artefact, de ses potentialités pour l'enseignement. Ces dernières sont intégrées à l'origine dans un projet local d'enseignement. Elles se fondent sur une certaine description du savoir en jeu, et, de manière explicite ou implicite, dépendent des fonctions que le sujet, ici l'enseignant, souhaite donner à l'usage de l'artefact dans l'accomplissement de sa tâche. Dans cette perspective, l'étude des décalages potentiels entre ces deux niveaux est une première voie d'accès à la compréhension des usages de l'outil par les enseignants.

Nous faisons l'hypothèse de tensions entre les fonctionnalités interactives de l'outil d'une part et ses fonctionnalités illustratives d'autre part, ces dernières se voyant mieux outillées, moins coûteuses et s'inscrivant dans la continuité des pratiques existantes. L'hypothèse de telles tensions nous conduit à penser les usages du TBI dans leur diversité, y compris pour un professeur donné, suivant les types de tâches assumés par l'enseignant, les formes d'activités en vigueur dans la classe et les domaines de savoir en jeu. Nous formulons en conséquence les questions suivantes :

- Comment cette diversité se développe-t-elle ?
- Quels sont les usages du TBI qui sont privilégiés ? Quelles formes de travail soutiennent-ils ?
- Existe-t-il des adaptations spontanées ? Comment ces adaptations évoluent-elles ?
- Existe-t-il des régularités identifiables intra et inter usagers de l'outil ?

Elément d'une stratégie d'enseignement, le TBI sert à accomplir des actions importantes du point de vue de la gestion du projet d'enseignement du professeur. Il apparaît ainsi comme le lieu d'une activité spécifique relevant de la gestion de la séance. C'est pourquoi nous souhaitons examiner la manière dont fonctionnent les enseignants qui ont adopté cette technologie du point de vue de la gestion globale de la classe. En particulier, comment les enseignants organisent-ils cet outil comme un moyen d'enseignement s'inscrivant dans la mise en scène du *jeu didactique* dans la classe ? Comment pensent-ils la *gestion didactique* de cet outil dans la classe ? C'est ce regard que nous souhaitons également porter dans le but d'identifier des phénomènes didactiques spécifiques en jeu dans l'enseignement des mathématiques médié par cette technologie. Nous enrichissons ainsi notre premier questionnement :

- l'adoption du TBI par les enseignants nécessite-t-elle de repenser les reconfigurations didactiques ?
- l'intégration du TBI dans l'activité enseignante suscite-t-elle la construction de nouveaux gestes professionnels ? Et dans l'affirmative, quels sont ces nouveaux gestes et quels sont les besoins liés à leur construction ?

Notre travail se situe donc dans l'identification et l'analyse des mécanismes d'appropriation de l'outil TBI et de transformation de cet artefact technologique particulier en un instrument de travail mathématique dans la classe. Deux points de vue complémentaires sur les rapports de la figure professorale à l'outil permettent de soutenir le questionnement que nous proposons de conduire. Le premier regarde le professeur comme un individu en situation de travail, confronté à des artefacts propres à sa profession, et donc selon Rabardel (1995) à un processus de genèse instrumentale par lequel se constituent des schèmes d'actions instrumentaux. Le second appréhende la technologie TBI comme un élément intervenant dans le métier d'enseignant, et candidate à l'intégration dans ce que Perrenoud (1995) dénomme "*la professionnalité enseignante*", aux côtés de nombreux autres éléments.

Cette posture que nous adoptons nécessite de caractériser simultanément le TBI comme d'une part, un élément d'une stratégie d'enseignement, un outil de médiation de l'action enseignante qui contribue à la chronogenèse, la topogenèse et la mésogenèse des savoirs (Chevallard 1991), et d'autre part, comme un artefact technologique, une *proposition instrumentale* que l'enseignant doit s'approprier.

Ce double point de vue porté sur l'outil TBI doit en retour nous permettre de mieux cerner les contraintes et les conditions qui pèsent sur le développement des usages et leurs influences sur les trajectoires des enseignants qui ont adopté cette technologie. Derrière cet intérêt porté sur les usages de cette nouvelle technologie, nous retrouvons la visée essentielle de cette recherche, qui est la production de connaissances sur les

pratiques enseignantes. Dans l'examen de ces pratiques, notre souhait est d'avancer sur la compréhension des savoirs professionnels d'action liés à l'usage du TBI. Notre visée, à long terme, est d'identifier des gestes qui fondent la professionnalité du métier et qui visent une expertise dans l'usage de cet outil. Notre but est de se mettre ainsi au service des pratiques professionnelles de l'enseignement.

1.5 Transition

Nous pensons que la compréhension d'un processus conjoint d'enseignement et d'apprentissage médié par la technologie, dans un lieu où l'on enseigne et où l'on apprend, qui se définit essentiellement par sa complexité, relève fondamentalement d'une approche systémique. Dans une telle approche, le souci de re-situer tout élément particulier dans une problématique d'ensemble - même et surtout s'il a fallu l'isoler dans un premier temps - doit être constant. Cette conviction rejoint les conclusions d'une recherche menée sur la définition d'une problématique de l'intégration des TUIC (Rapport CNCRE 2000) dans l'enseignement des mathématiques. Cette étude souligne la nécessité d'une approche multidimensionnelle pour prendre en compte la complexité de l'intégration des outils technologiques dans l'enseignement.

Dans notre travail, nous proposons d'investir deux pôles, de manière inégale : l'un centré sur l'instrument, l'autre centré sur l'enseignant. L'approche développée par Rabardel (1995) et ses développements récents permettent d'investir la dimension instrumentale de notre étude. Nous souhaitons cependant ne pas enfermer notre travail dans cette seule approche. Nous pensons en effet qu'un des lieux privilégiés de l'enquête est dans l'*action conjointe* (Sensevy et Mercier 2007) entre le professeur et les élèves, action conjointe et médiée par la technologie. Ce lieu permet d'investir des dimensions relatives au rôle du professeur dans sa classe et au savoir en jeu, dimensions que nous souhaitons intégrer dans notre étude. Ceci nous conduit à penser une extension du cadre initialement pensé par Rabardel. Nous conduisons cette réflexion théorique dans le premier chapitre de la thèse. Nous précisons ensuite l'inscription de la problématique de notre travail dans ce cadre théorique et la méthodologie générale déployée.

Chapitre 2

Cadrage théorique et méthodologie générale.

Sommaire

2.1	L'approche instrumentale.	18
2.1.1	Présentation	18
2.1.2	Transition	25
2.2	L'approche instrumentale en didactique des mathématiques.	26
2.2.1	Les débuts de l'approche.	27
2.2.2	La gestion des genèses instrumentales des élèves.	28
2.2.3	Les genèses instrumentales du professeur.	31
2.2.4	Développements récents	32
2.2.5	Bilan	35
2.3	Cadrage théorique de l'étude.	37
2.3.1	Délimitation et utilisation de l'approche instrumentale.	38
2.3.2	La théorie de l'action conjointe en didactique.	43
2.3.3	Délimitation et utilisation du cadre de la théorie de l'action conjointe didactique.	47
2.3.4	Articulation des deux approches.	48
2.4	Méthodologie générale et plan de l'étude	51
2.4.1	Conséquences du choix du cadrage sur la méthodologie générale	51
2.4.2	Plan de l'étude	53

Ce chapitre débute par une présentation de l'approche instrumentale, initialement développée par Rabardel (1995). Un détour par ses différentes utilisations en didactique des mathématiques permet à la fois d'en souligner les potentialités en même temps que d'en pointer les éventuelles limitations pour l'étude de notre sujet. Un retour sur les conditions que nous nous sommes fixées pour aborder l'étude des usages du TBI permet alors de penser les extensions du cadre initial de l'approche instrumentale. Il s'agit de justifier la combinaison de ce que nous retenons de ce cadre avec celui proposé par l'action conjointe. Nous clarifions alors notre position en détaillant la construction théorique retenue et précisons la manière dont la problématique s'y inscrit. Nous détaillons alors, dans une dernière section, la méthodologie générale déployée dans notre étude.

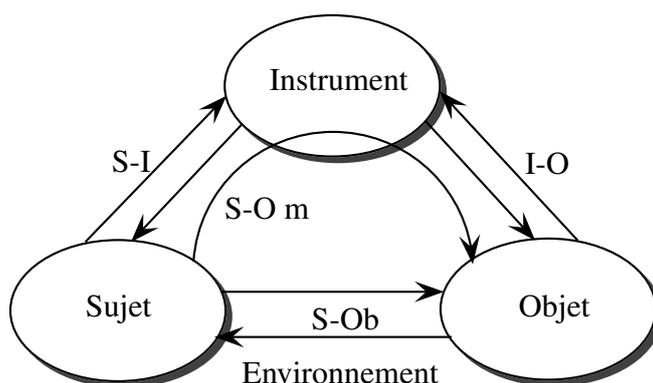
2.1 L'approche instrumentale.

2.1.1 Présentation

Parce que tenter de résumer en quelques lignes l'approche initialement pensée par Rabardel est une entreprise impossible, notre ambition est, ici, d'en révéler les points essentiels et nécessaires à la réflexion menée dans la suite de ce chapitre.

Dès 1995, Pierre Rabardel développe, dans le cadre de l'ergonomie cognitive, à la suite des théories de l'activité, l'approche instrumentale. Les transformations des objets matériels et immatériels sont généralement médiées par des dispositifs technologiques. La théorie élaborée par Rabardel s'attache aux relations entre l'homme et les technologies d'un point de vue anthropocentré afin d'appréhender le processus de cette médiation. La conception de l'homme dans cette approche est celle d'un sujet socialement situé, porteur de significations et héritier d'une culture qu'il contribue à renouveler.

Rabardel suggère d'utiliser le modèle SAI pour caractériser ce qu'il dénomme les classes de situations instrumentées. Ce modèle s'appuie sur les trois pôles : Sujet-Instrument-Objet. Il suggère l'analyse des liens entre ces pôles pour considérer l'ensemble des interactions en jeu dont le sujet doit tenir compte dans son activité instrumentée. Le sujet est ici l'utilisateur, une personne qui dispose de ressources internes et externes qu'il mobilise au sein de ses activités. Notons que dans ce descriptif, n'apparaît pas les objectifs de l'utilisateur qui sous-tendent son activité. Le pôle Objet est pris ici dans le sens plus restrictif d'éléments sur lesquels porte l'action. Les intentions du sujet ne sont ainsi pas exprimées dans ce modèle.



MODÈLE SAI LA TRIADE CARACTÉRISTIQUE DES SITUATIONS INSTRUMENTÉES
(D'APRÈS RABARDEL ET VÉRILLON, 1985)

Cette vision adoptée permet de rentrer plus en détail dans les processus en jeu concernant les relations d'un sujet à l'outil utilisé dans son activité. Les phénomènes d'appropriation progressive des outils par l'utilisateur peuvent être décrits de manière précise comme celui des "catachrèses" qui sont, par extension de l'acception linguistique du mot, l'utilisation d'un outil pour un usage pour lequel il n'a pas été conçu. Ces phénomènes catachrésiques, conceptualisés au sein de l'ergonomie en termes d'écart prescrit-réel, sont vus dans l'approche instrumentale en tant qu'indices du fait que les utilisateurs contribuent à la conception des usages des *artefacts* et de leur constitution en *instruments*, concept central de cette approche. Si son terrain de prédilection demeure l'activité professionnelle, l'ambition est d'englober l'activité humaine. Le rôle de médiateur, attribué aux outils technologiques, conduit à les envisager, non pas seulement depuis leurs propriétés, mais également depuis le statut que le sujet leur donne, en les instituant en tant que moyens au service de son activité.

Un premier point de vue essentiel de cette théorie réside ainsi dans la distinction entre l'*artefact*, c'est à dire l'outil *nu*, proposé à l'utilisateur, et l'*instrument* qui est le résultat d'un *processus* d'appropriation, par une personne donnée, dans la confrontation à des situations données. En ce sens, les artefacts sont considérés comme capables de transformer les activités d'un sujet.

Mais ils ne sont que des *propositions instrumentales*, lesquelles seront saisies en partie ou totalement par les utilisateurs et instituées en instruments au service de leurs activités.

L'instrument se différencie donc de l'artefact et constitue une entité composite, puisqu'il tient à la fois du sujet et de l'artefact. Intermédiaire entre le sujet et l'objet de l'activité, l'instrument est constitué de deux composantes en relation étroite :

- une composante "*artefact*" qui concerne le dispositif matériel,
- une composante "*schème*" relative à l'activité et à son organisation, fruit d'une construction propre au sujet.

Le sujet agit donc sur l'objet avec l'instrument. Dans cette activité médiatisée, l'instrument est adapté simultanément à l'objet et au sujet. Les instruments sont donc des invariants de l'activité, ils l'organisent.

La notion de *schème d'utilisation* est définie par Rabardel selon la tradition piagétienne¹ et spécifiée à un travail dans un environnement informatisé. Les schèmes d'utilisation (Sh.U.) désignent les structures qui permettent à un individu d'organiser son action et de l'adapter aux situations qu'il rencontre dans un environnement informatisé. Ils se répartissent en trois catégories qui concernent différentes dimensions de l'activité du sujet :

- les schèmes d'usage (Sh.Us.), relatifs à la gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l'artefact. Ces schèmes s'appliquent à l'instrument de manière relativement indépendante d'un objet d'action donné et en ce sens, caractérisent la relation S-I de la triade du modèle SAI.
- les schèmes d'action instrumentée (Sh.A.I.) sont orientés plus spécifiquement vers l'activité du sujet et relatifs à des tâches pour lesquelles l'artefact est un moyen de réalisation.
- les schèmes d'activité collective instrumentée (Sh.A.C.I) portent sur la spécification des types d'action lorsque que le collectif partage un même instrument.

Cette différenciation est par exemple utile pour comprendre certaines difficultés d'utilisation d'outils. Pour une même action instrumentée, des difficultés peuvent provenir de l'une ou l'autre de ces catégories de schèmes.

Les schèmes d'utilisation résultent d'une double construction de l'expérience personnelle et d'une transmission plus ou moins formalisée : depuis les renseignements transmis d'un utilisateur à l'autre, jusqu'aux formations structurées autour de l'outil, en passant par les concepteurs des artefacts qui impriment à chaque outil sa fonction, à chaque service sa finalité. Cette dimension sociale des schèmes conduit Rabardel à les qualifier de schèmes sociaux d'utilisation (Sh.S.U.). Ces schèmes sont ainsi liés, d'une part aux artefacts susceptibles d'avoir un statut de moyen, d'autre part, aux objets sur lesquels ces artefacts permettent d'agir. Par ailleurs, si les schèmes sont

1. Les schèmes d'utilisation reprennent ainsi deux propriétés essentielles des schèmes que sont l'assimilation et l'accommodation. L'assimilation est définie par (Piaget 1975) comme l'incorporation d'un élément extérieur en un schème sensori-moteur ou conceptuel du sujet. Pour reprendre la terminologie de Rabardel, c'est une action cognitive consistant pour l'utilisateur à projeter des schèmes d'utilisation sur l'artefact pour un objet donné. L'assimilation concerne ainsi autant les caractéristiques de l'artefact que les relations à l'objet, aux autres sujets et aux situations. Lorsque les artefacts résistent à l'assimilation, c'est le processus d'accommodation qui devient dominant. Le processus d'accommodation aboutit à la transformation de schèmes disponibles, à leur réorganisation, produisant ainsi de nouvelles compositions de schèmes. De ce fait, l'accommodation conduit à un développement instrumental de l'artefact. De tels mécanismes apparaissent lorsque notamment de nouveaux artefacts doivent être utilisés comme moyens de l'action.

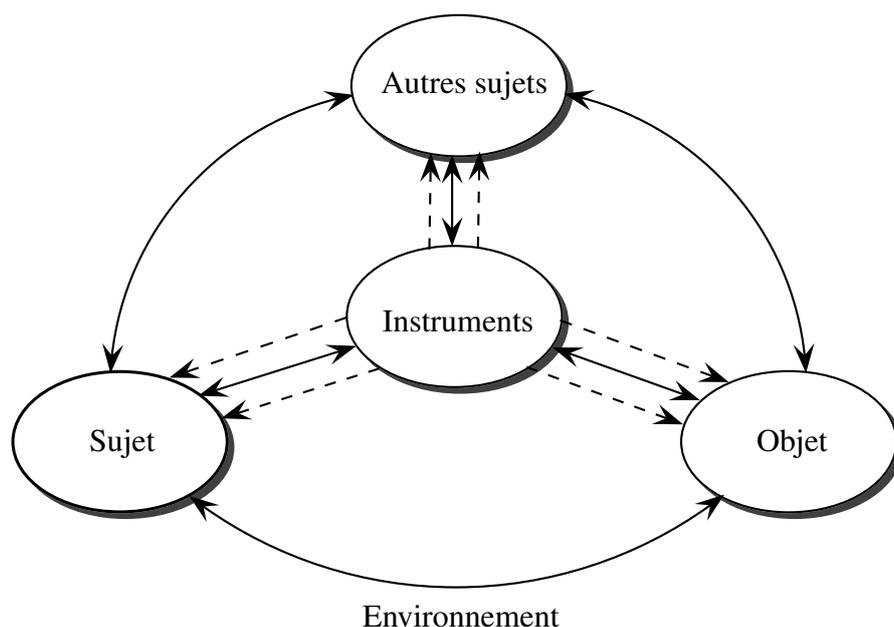
organisateur de l'action et de l'usage des artefacts, les propriétés des artefacts constituent également un organisateur de l'action, mais sur un mode différent des schèmes. Pour mieux rendre compte des effets structurants des artefacts sur l'activité, Rabardel s'intéresse à l'*activité requise* et à l'*ouverture du champ des actions possibles* : l'*activité requise* correspond aux différents types de contraintes propres aux artefacts et qui conditionnent l'action des sujets, l'*ouverture du champ des possibles* correspond aux possibilités d'actions que les artefacts offrent aux sujets. Il précise ainsi trois types de contraintes portées par l'artefact qui ont un caractère structurant de l'activité du sujet. Ces contraintes sont liées :

- aux propriétés de l'artefact en tant qu'objet matériel ou cognitif, il s'agit des *contraintes de modalités d'existence*,
- aux objets sur lesquels l'artefact permet d'agir et aux transformations qu'il autorise, Rabardel les dénomme : *contraintes de finalisation*,
- à la pré-structuration de l'action de l'utilisateur, ce sont les *contraintes de structuration de l'action*.

Notons que l'idée d'activité requise est cependant nuancée par Rabardel. L'artefact ne saurait en effet déterminer strictement l'activité, d'une part, parce que d'autres sources de structuration de l'activité existent au-delà des instruments², d'autre part, parce que la structuration de l'activité est un processus dans lequel le sujet s'inscrit dans la singularité des situations et la gère.

L'évolution des technologies conduit Rabardel à compléter le modèle des situations d'activités instrumentées (S.A.I). L'apparition de nouveaux dispositifs spécifiquement orientés vers les dimensions collectives du travail, destinés à faciliter le travail en commun, le conduit à considérer un quatrième pôle dans le modèle S.A.I. Cet ajout permet de prendre en compte les interactions spécifiques du sujet avec les autres sujets. Le modèle tripolaire devient alors un modèle quadripolaire : le modèle SACI.

2. à commencer par les tâches



Dans ce modèle, Rabardel propose de distinguer trois orientations de la médiation³ par l'instrument : aux objets de l'activité, à soi, à autrui :

- La médiation à l'objet de l'activité est la médiation principale. Elle comprend deux dimensions : la médiation *épistémique* vise la prise de connaissance de l'objet au niveau de ses caractéristiques ou de ses évolutions suite aux actions du sujet ou de la dynamique des situations ; la médiation *pragmatique* vise quant à elle l'action sur l'objet.
- La médiation *réflexive* : le rapport du sujet à lui-même est médiatisé par l'instrument. Ce sujet se gère et se transforme lui-même.
- La médiation *interpersonnelle*, omniprésente dans les activités collectives désigne l'orientation vers les autres.

Outre cette différence de nature des médiations de l'activité, (2001) rappelle que dans ce modèle, les situations ont une influence déterminante sur l'activité. Ces situations, sont, pour l'auteur, organisées par les sujets en classes de situation, auxquelles ils associent des schèmes et des instruments spécifiques. Les instruments, une fois constitués, peuvent être mobilisés dans toutes les situations incluses dans les classes, cela correspondant à des invariants situationnels de ces classe. Il existe donc plusieurs plans de l'activité, du plus spécifique au plus général :

- *les classes de situations* qui correspondent à plusieurs situations particulières
- *les familles d'activités*, regroupant des classes de situations ayant un même type de finalité

3. Sur le schéma, les flèches pointillées représentent les trois orientations de la médiation par l'instrument. Les flèches en trait continu représentent les relations non médiatisées.

- les domaines d'activités qui peuvent s'organiser autour des caractéristiques de l'environnement en fonction d'autres déterminants.

Les instruments ne sont donc pas vus ici comme des entités isolées. C'est la logique de l'activité située qui organise les relations de complémentarité fonctionnelle entre les instruments et les séquences temporelles de leurs usages. Rabardel précise que les instruments sont organisés par le sujet en fonction des classes de situations et domaines d'activités qu'il rencontre. De la même façon, des ensembles d'instruments liés entre eux, organisés en systèmes⁴ correspondent aux domaines d'activités dans le travail⁵.

L'appropriation et la constitution d'instruments par les utilisateurs sont caractérisées dans les termes d'une genèse instrumentale. Ce processus désigne le développement, par un sujet engagé dans une action, d'un artefact dont les propriétés s'enrichissent et de schèmes d'utilisations qui se développent et se transforment au fil du temps. Le processus de genèse instrumentale est ainsi doublement orienté :

- vers le sujet lui-même, par l'assimilation de nouveaux artefacts aux schèmes, l'accommodation des schèmes aux nouveaux artefacts : c'est l'*instrumentation*,
- vers l'artefact, par la spécification et l'enrichissement de ses propriétés par le sujet qui lui donne un statut de moyen pour l'action en cours : c'est l'*instrumentalisation*.

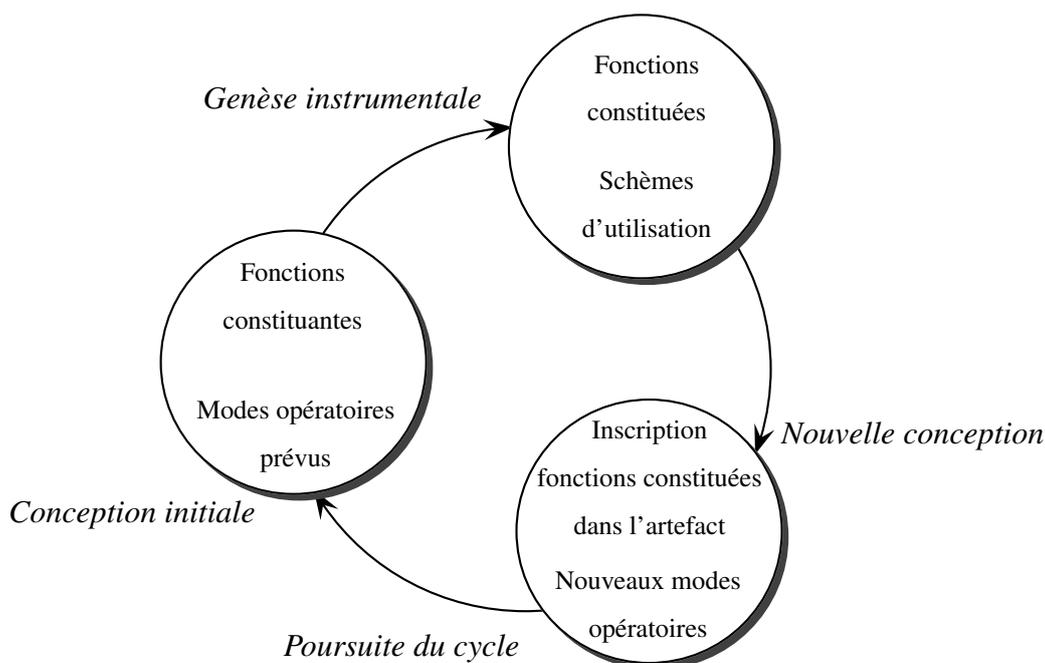
Ces deux processus (*instrumentation* et *instrumentalisation*) contribuent à la genèse instrumentale, ils peuvent être plus ou moins simultanés, ou l'un des deux peut être plus ou moins marqué selon les situations. Plus précisément, l'*instrumentation* est relative à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation : leur constitution, leur fonctionnement, leur évolution. L'*instrumentalisation* concerne l'émergence et l'évolution des composantes artefactuelles de l'instrument que ce soit par le biais de sélection, regroupement et production de fonctions, attribution de propriétés, transformation de l'artefact... L'*instrumentalisation* peut être locale, temporaire ou conservée durablement.

Si cette genèse instrumentale rend compte de l'idée que la conception continue dans l'usage, Rabardel précise que ce processus de genèse s'inscrit dans un cycle d'ensemble plus large de la conception d'un artefact (figure ci-dessous), impliquant une pluralité d'acteurs, utilisateurs, ingénieurs, designers... eux mêmes confrontés à des situations très différentes. Un des enjeux de cette construction théorique est ainsi celui de la rencontre entre la *conception pour l'usage*, fruit de l'activité des concepteurs

4. Rabardel parle alors de systèmes d'instruments.

5. L'hypothèse qui est faite est que le développement par les utilisateurs des systèmes d'instruments tend à les rendre coextensifs à l'ensemble de leurs domaines d'activités. Leur évolution devrait donc refléter celles du domaine d'activité lui-même.

qui se concrétise dans un artefact à *vocation instrumentale*, c'est à dire *ouvert et non achevé*, qui se prêtera à une pluralité de genèses instrumentales, et la *conception dans l'usage*, fruit de l'activité d'utilisateurs située et finalisée qui se concrétise dans les instruments que ces utilisateurs développent au cours des processus d'appropriation (Folcher 2003).



L'approche instrumentale caractérise ainsi les instruments qu'un sujet utilise pour réaliser une activité. Elle définit également l'activité en elle-même en lui attribuant deux dimensions : *productive* et *constructive*. La *dimension productive* de l'activité renvoie au fait que le sujet poursuit des objectifs et vise à atteindre des buts. La *dimension constructive* correspond, quant à elle, au fait que, dans le même temps, les sujets développent des activités à finalité constructive, orientées vers le développement des ressources et des conditions de leur activité productive : instruments, schèmes, compétences (Rabardel and Samurçay 2001). Ces deux dimensions de l'activité entretiennent des relations dialectiques au sens où les difficultés rencontrées au plan de l'activité productive vont conduire à des développements nouveaux au plan de l'activité constructive, qui modifieront en retour les activités productives et leurs conditions. Ces deux dimensions de l'activité ont des horizons temporels différents : la temporalité de l'activité productive est celle de l'accomplissement des tâches, celle de l'activité constructive est celle du développement du sujet.

Le pouvoir d'agir est défini par Rabardel sur le plan fonctionnel comme les transformations du monde qu'un sujet est capable de faire advenir. Il est défini également sur le plan structurel, comme l'ensemble des ressources du sujet et de leur organisation

(instruments, compétences, schèmes...). Le pouvoir d'agir peut alors se définir en relation avec les dimensions productive et constructive de l'activité. L'activité productive est dirigée vers la configuration des situations de façon à ce que le sujet utilise au mieux son pouvoir d'agir⁶. L'activité constructive est quant à elle, orientée vers l'accroissement, le maintien, la reconfiguration du pouvoir d'agir. L'activité constructive est ainsi orientée vers le développement des possibilités de configurations des situations. Dans cette vision, l'expérience a un statut double. Elle est produit de l'activité productive : à travers ses actions, le sujet accumule des éléments sur les situations rencontrées, sur les modalités de ses actions. Mais l'expérience est aussi un matériau, un objet travaillé pour l'activité constructive. Les organisateurs de l'activité sont ainsi issus en partie de cette élaboration de l'expérience par l'activité constructive.

2.1.2 Transition

L'approche instrumentale de Rabardel s'inscrit dans la théorie de l'activité en s'accordant sur la place des instruments (en particulier cognitifs) dans l'activité du sujet. La médiation de l'activité par les artefacts est un fait central de la théorie, transformant les rapports du sujet au monde et conditionnant leur développement. Trois concepts centraux sont présents dans cette théorie :

- la distinction proposée entre artefact et instrument permet de penser une conception partagée (un artefact initialement conçu pour répondre à des objectifs précis, un instrument construit par le sujet à partir de cette proposition artefactuelle au cours de son usage lors d'une activité située),
- la genèse instrumentale consistant en les mécanismes d'élaboration de l'instrument par l'utilisateur au cours de son activité,
- l'idée d'un ensemble de valeurs fonctionnelles et subjectives que l'artefact est susceptible de prendre au cours de l'usage (schèmes d'utilisation, ensemble des objets sur lesquels l'artefact permet d'agir...).

L'accueil fait à l'approche instrumentale de Rabardel par les travaux sur l'enseignement médié par la technologie a été relativement fécond. Cette approche offre en effet un outillage théorique conséquent pour interroger des outils technologiques qui sont, dans les recherches sur l'enseignement, des composantes du milieu d'apprentissage. Nous examinons dans la section suivante les formes prises par cet accueil dans les recherches sur l'enseignement en didactique des mathématiques.

6. Ceci correspond en ergonomie à l'augmentation des marges de manoeuvre

2.2 L'approche instrumentale en didactique des mathématiques.

Les travaux de recherche sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques ont une longue histoire, dictée par l'évolution des objets technologiques et marquée par la diversification des cadres théoriques utilisés. Un rapport, déjà ancien, faisait état de cet éparpillement théorique, éparpillement constaté jusque dans des recherches concernant un même artefact technologique et un même domaine mathématique. Mais ce qui frappe également les auteurs de ce rapport, lorsqu'ils cherchent à relier cadres théoriques et travaux, est que *"ces cadres restent liés à des personnes et aux communautés auxquelles elles se rattachent"*.

Depuis une quinzaine d'années, en didactique des mathématiques, des travaux français sur les calculatrices symboliques (Lagrange 1999; Artigue 2002; Guin and Trouche 2002) ont conduit à l'émergence d'une approche spécifique, l'approche instrumentale. Cette approche, conjuguant ergonomie cognitive et didactique, s'est développée dans une communauté francophone marquée par un ensemble de références plus ou moins communes, liées à la didactique des mathématiques et à ses théories fondatrices. Aujourd'hui encore, cette construction ne saurait être considérée stabilisée, comme en témoignent les débats conduits dans les récents colloques CAME⁷ (Computer Algebra in Mathematics Education).

Les travaux de recherche liés à l'intégration des technologies qui ont investis cette approche sont nombreux. S'ils se sont centrés, dans un premier temps, sur les potentialités des environnements technologiques pour l'apprentissage et sur les processus de genèses instrumentales des élèves dans ces environnements, ces travaux, dans un second temps, ont souligné la complexité du rôle endossé par l'enseignant dans la gestion de ces environnements en classe, en pointant l'existence d'un processus de genèse instrumentale concernant l'enseignant. Artigue (Artigue 2006) parle ainsi, dès 2006, d'un dédoublement de l'analyse instrumentale *"en considérant les deux types d'acteurs effectifs que sont les enseignants et les élèves, et le double processus d'instrumentation qui en résulte, comme outil d'apprentissage pour les élèves, comme outil didactique pour l'enseignant"*

Le travail dans cette section ne consiste pas à retracer l'évolution de ces recherches de manière exhaustive. C'est l'inflexion de ces travaux vers une meilleure prise en compte de l'enseignant et de sa pratique dans les environnements informatisés que nous questionnons d'un point de vue théorique. Nous proposons d'examiner l'impact

7. Les colloques CAME sont organisés tous les deux ans depuis 1999, dans le but de favoriser l'interaction entre les chercheurs de différents pays et faciliter l'échange d'informations sur les recherches concernant l'utilisation de logiciels de calcul formel dans l'enseignement des mathématiques

de cette inflexion dans la construction d'une approche instrumentale⁸. Nous cherchons à regarder quels emprunts à l'ergonomie cognitive et en particulier à l'approche instrumentale initialement pensée par Rabardel ont été réalisés dans ces travaux de recherche pour accompagner cette meilleure prise en compte de l'enseignant. Mais aussi quelles articulations avec l'approche instrumentale ont été pensées pour accompagner ce changement de point de vue.

2.2.1 Les débuts de l'approche.

Dès le début des années 2000, une première construction théorique conjuguant des apports de l'approche anthropologique du didactique⁹ (Chevallard 1999) et de l'approche ergonomique de Rabardel est proposée. Cette construction voit le jour dans un contexte particulier d'expérimentation des potentialités des *Computers Algebra Systems* (CAS) pour l'apprentissage des mathématiques et d'un constat partagé par les expérimentateurs d'un décalage entre un discours institutionnel idéalisé et les observations conduites en classe. En particulier, Artigue (1997) entrevoit trois éléments susceptibles d'entretenir ce décalage :

- The conceptual/technical opposition permeating the literature and the expert's discourse,
- The poor sensitivity to the changes in the economy of mathematical practices induced by the use of CAS,
- The underestimation of instrumental issues.

La sensibilisation à cette nouvelle complexité introduite par le rôle des CAS et aux besoins d'instrumentation qu'ils induisent, passe, dans cette construction théorique, par un premier emprunt majeur à l'ergonomie cognitive. L'idée essentielle retenue de l'approche de Rabardel est l'axe de la théorie¹⁰ centré sur l'appropriation d'artefacts et le développement d'instruments dans l'usage. Cet axe vise à analyser les relations établies entre les invariants qui structurent l'action et les fonctions attribuées à l'artefact quand il est constitué en instrument. La distinction qu'il offre, entre ce qui

8. Nous limitons notre étude aux travaux français, bien conscients que d'autres recherches non francophones ont également pensé la conjugaison d'approches théoriques avec l'approche instrumentale. On peut citer par exemple un rapprochement entre approche instrumentale et la notion de *situated abstraction* (Hoyle 2003).

9. Chevallard propose une approche anthropologique de l'activité mathématique en terme de travail inscrit dans une institution. Cette approche s'articule sur quatre niveaux : le niveau des *tâches*, le niveau des *techniques* qui sont des façons particulières d'accomplir ces tâches dans l'institution, le niveau *technologique*, discours qui interroge et justifie les techniques, et le niveau *théorique*, qu'il décrit comme la technologie de la technologie. Ces quatre niveaux constituent une *praxéologie*.

10. Le second axe de la théorie est celui de la rencontre entre la *conception pour l'usage* et la *conception dans l'usage*, lequel examine les critères de conception des instruments produits par les utilisateurs et les présupposés de conception inscrits dans l'artefact proposé à l'usage.

est donné (l'artefact) et ce qui est construit (les instruments) permet ainsi de penser les artefacts et leurs développements en instruments comme éléments agissant sur les processus d'apprentissage, la construction du savoir et la conceptualisation.

Ces premiers emprunts à l'ergonomie cognitive permettent ainsi d'entrer dans le détail des médiations qui se jouent au niveau de la relation de l'élève à l'outil utilisé dans la réalisation d'une tâche mathématique donnée.

L'apport de la TAD dans cette construction est central, et constitue le cadre *macro-didactique* de référence. En permettant un regard d'ensemble de la triade S.A.I, la TAD permet d'une part, de replacer cette triade dans un système d'assujettissements institutionnels. Elle permet d'autre part d'envisager les médiations épistémique et pragmatique à l'objet de l'activité en terme de techniques qui reprennent ces deux valences. La valence pragmatique des techniques, tournée vers l'activité productive, permet aux techniques de produire des résultats, la valence épistémique, tournée vers l'activité constructive, correspond à ce que ces techniques permettent en partie la compréhension des objets sur lesquelles elles opèrent. Cette extension¹¹ du concept de technique, objet fondamental de la TAD, permet de déplacer le regard sur un *sujet-élève* en action à un regard centré sur le *sujet-élève et ses rapports à l'institution*, ainsi qu'aux tâches que cette institution propose. Plus fondamentalement, l'éclairage anthropologique apporté à ce concept permet de penser les rapports que l'institution scolaire entretient avec les objets technologiques. Artigue (2002) souligne que la vision culturellement dominante est celle d'un outillage technologique d'abord vu comme un *adjuvant pédagogique*, permettant d'améliorer l'apprentissage de contenus mathématiques faiblement repensés. Ces contenus s'inscrivent en effet dans des praxéologies pré-existantes et peu enclin à intégrer la valence épistémique des techniques instrumentées. Si la société et le monde professionnel ont un rapport pragmatique aux outils technologiques, rendre la technologie légitime et mathématiquement utile à l'école, oblige, pour Artigue dans (Guin and Trouche 2002), à penser un équilibre entre les valences épistémique et pragmatique des techniques instrumentées.

2.2.2 La gestion des genèses instrumentales des élèves.

Les premiers jalons de cette construction théorique posés, de nouvelles perspectives pour aborder les questions d'intégration des objets technologiques s'ouvrent. De nombreuses recherches, impliquant des outils technologiques de diverses natures, permettent de mettre à l'épreuve cette approche, de la questionner et de l'enrichir.

11. L'émergence du concept de double valence des techniques instrumentées, à l'intersection du langage praxéologique de la TAD et de celui de médiation et en particulier de schèmes de l'ergonomie cognitive, n'est pas sans être problématique. Nous ne nous attardons pas sur ce point ici et y reviendrons ultérieurement.

L'appropriation des instruments par les élèves est analysée à travers la notion de genèse instrumentale et sa double orientation : l'instrumentation et l'instrumentalisation. L'intérêt porté à l'instrumentation des artefacts par les élèves conduit, dans un premier temps, à une meilleure prise en compte des processus de transformations des objets d'enseignement dans un système informatique et de ses effets potentiels sur l'apprentissage. Le processus d'instrumentalisation, quant à lui, souligne la nécessité d'étudier la contribution des élèves à la construction des instruments et d'inscrire cette construction dans l'usage.

La complexité des genèses instrumentales que révèlent ces deux processus amène Trouche (2003) à interroger le rôle de l'enseignant dans la construction par les élèves des instruments de leur travail mathématique. En particulier la dimension sociale des schèmes construits au cours de ces genèses le conduit à examiner l'organisation de la classe et les rôles joués respectivement par l'enseignant et les élèves. La notion d'*orchestration instrumentale* est ainsi proposée pour permettre la prise en compte des modes de gestion des artefacts et de la situation¹² par les différents protagonistes. Cette orchestration est définie comme l'agencement *systématique* par un agent *intentionnel* des éléments (artefacts ou humains) d'un environnement en vue de mettre en oeuvre une situation donnée¹³. Notons que cette construction proposée par Trouche (*ibid*) le conduit à modifier la définition des schèmes d'utilisation. Devant la difficulté de placer un schème d'utilisation donné dans l'une des deux catégories proposées par Rabardel, il propose de considérer les schèmes d'action instrumentés comme incorporant nécessairement des schèmes d'usages. Cette distinction est relative au niveau de granularité de l'analyse de l'activité.

Ce regard porté sur les situations instrumentées constitue une première inflexion vers la prise en compte de l'enseignant et de son rôle dans la classe. En replaçant les genèses instrumentales des artefacts par les élèves au coeur d'orchestrations instrumentales, Trouche souligne la nécessité pour l'enseignant de guider et d'accompagner les élèves dans la constitution des artefacts en instruments de travail mathématique. Cette nécessité permet de révéler une certaine complexité dans la gestion par l'enseignant de ces genèses instrumentales, complexité soulignée par Rabardel : plurielles, un même artefact pouvant conduire à différents instruments, différentes d'un individu à l'autre, sensibles à la complexité des artefacts.

Plus globalement, Trouche (*ibid*) propose de penser la prise en charge de ces genèses

12. Trouche définit un scénario d'exploitation didactique comme étant la mise en scène d'une situation mathématique donnée dans un environnement donné qui intègre et coordonne ces deux modes de gestion

13. A cet égard, le sens donné aux adjectifs *systématique* et *intentionnel* est précisé : *systématique* renvoie à ce qui procède avec méthode, dans un ordre défini et pour un but donné ; *intentionnel* renvoie à la nécessité d'une pensée a priori d'un tel agencement.

dans de véritables scénarios d'*exploitation didactique*, intégrant et coordonnant simultanément les *modes de gestion* de la situation et les *modes de gestion* des artefacts¹⁴ ie leur *orchestration instrumentale*.

Cette construction permet ainsi d'examiner les situations instrumentées dans un schéma quadripolaire qui redonne une place de choix à l'enseignant. Reste que l'analogie qui pourrait être faite avec le système SACI de Rabardel s'arrête au seuil de l'exploitation que Trouche fait de ce modèle. Ceci tient à la fois à la dissymétrie des rôles attribués aux différents acteurs du système et à la nature de l'artefact en présence, la calculatrice, d'abord pensée pour un usage par les élèves. Le rôle du professeur est ici celui de la gestion des *orchestrations instrumentales* des artefacts par les élèves. Si cette construction examine le potentiel des instruments pour la conception et le contrôle des situations d'enseignement, reste que l'élève et ses relations à l'outil demeurent l'objet principal. A travers la notion d'orchestration proposée par Trouche, on ne questionne pas d'éventuelles genèses pour le professeur.

Cette prise en compte de l'enseignant s'accompagne également, nous semble-t-il, d'un "*effondrement*" du cadre *macro-didactique* constitué par la TAD. Si dans l'approche proposée par Artigue, l'ergonomie cognitive vise à enrichir les moyens dont dispose la TAD pour approcher les questions instrumentales, dans la vision de Trouche, l'analyse écologique et l'analyse didactique renvoient à des approches différentes. Les phénomènes d'apprentissage sont d'abord éclairés par les invariants opératoires qu'il est possible d'inférer de l'observation des élèves. Ceci est visible notamment dans la définition plus large que Trouche donne aux techniques instrumentées, en s'écartant de l'acception Chevallardienne : "One can describe human activity (and students' activity in particular) in terms of *techniques*, i.e. sets of gestures realized by a subject in order to perform a given task. When a technique integrates one or several artifacts, we will speak of an instrumented technique. Instrumented technique is thus the observable part of an instrumented action scheme" p151(Trouche 2005)

Drijvers et al. (2010) propose de compléter le modèle d'orchestration instrumentale développé par Trouche. En particulier, la nécessité de prise en compte de l'écart entre ce que les enseignants prévoient et ce qui est effectivement joué en situation le conduit à intégrer un nouveau descripteur des orchestrations : le concept de *performance di-*

14. Différents modes d'exploitation d'une même situation sont possibles. Trouche donne l'exemple d'une configuration concernant l'ensemble des élèves d'une classe et reposant sur la dévolution d'un rôle particulier à un élève, appelé l'élève *sherpa* : c'est sa calculatrice qui est connectée à la tablette de rétroprojection. Il va servir ainsi de médiateur entre le professeur et la classe, de référence pour tous les acteurs de la situation. Les modes d'exploitation de cette situation sont fonction de plusieurs variables : le temps pendant lequel l'élève endosse ce rôle, les choix opérés par l'enseignant pour désigner le type d'élève devant endosser ce rôle, le type de conduite que l'enseignant adopte à l'égard de l'élève...

dactique vient ainsi enrichir les concepts précédents de *configurations didactiques* et de *modes d'exploitation* de ces configurations. Cet ajout permet l'analyse des décisions *ad hoc* de l'enseignant des modes d'exploitation prévus des configurations didactiques. Il confère ainsi au modèle une dimension temporelle (prévu, effectif) et un accès à l'activité instrumentée de l'enseignant à deux niveaux de granularité, concernant à la fois le répertoire général des gestes et techniques instrumentés d'enseignement mais aussi à leurs adaptations à un contexte didactique spécifique¹⁵.

L'apport de Drijvers au modèle instrumentale tient également en l'identification de nouveaux types d'orchestration, dans un paysage orchestratif qui était jusqu'alors encore peu exemplifié¹⁶. Six orchestrations nouvelles, *Technical-demo*, *Explain-the-screen*, *Link-screen-board*, *Discuss-the-screen* et *Spot-and-show*, décrites en termes de configuration didactique et de mode d'exploitation, viennent ainsi enrichir l'éventail orchestratif.

Si cette actualisation du modèle instrumentale proposé par Drijvers (*ibid*) ouvre la perspective de mieux outiller la compréhension des pratiques enseignantes dans un environnement instrumenté, reste que deux éléments peuvent être mis en exergue : d'une part, la difficulté, notée par l'auteur, de distinguer ces différents types d'orchestrations, d'autre part, le fait que ces orchestrations repérées sont en partie liées à l'écosystème numérique utilisé par les enseignants dans l'étude, le travail des élèves étant organisé autour de l'utilisation d'une applet Java (Algebra Arrows¹⁷) dans un environnement numérique (Digital Mathematics Environnement) via l'usage d'ordinateurs portables.

2.2.3 Les genèses instrumentales du professeur.

Dans ses travaux de thèse Haspekian (2005) s'intéresse à l'outil tableur et propose d'appréhender cet objet à la fois comme un outil d'apprentissage pour l'élève et comme un instrument d'enseignement que le professeur doit s'approprier. Un phénomène de *double genèse* est mis à jour : l'enseignant dans sa genèse instrumentale du tableur comme instrument d'enseignement et les élèves dans leurs genèses de l'outil comme instrument d'un travail mathématique. Les spécificités de l'outil étudié, artefact issu du monde professionnel¹⁸, amène également Haspekian à distinguer deux mouvements dans les genèses côté enseignant : une genèse professionnelle et une ge-

15. Public cible spécifique, intentions didactiques locales, etc...

16. Trouche propose en effet un seul exemple d'orchestration à travers la configuration de l'élève sherpa.

17. Cette applet permet notamment de travailler le concept de fonctions en faisant interagir différents cadres et registres (algébrique, numérique, graphique, tableaux...)

18. Et *a priori* pas destiné à l'enseignement

nèse personnelle.

Dans le même temps, Abboud-Blanchard and Lagrange (2006) proposent de distinguer plus systématiquement trois cadres d'utilisation des technologies par l'enseignant, ayant des finalités d'action du sujet enseignant différentes (non liées à la classe - liées à la préparation de la classe - liées à l'utilisation dans la classe) et dans lesquelles opèrent des genèses instrumentales spécifiques de ces cadres. Les genèses instrumentales personnelles sont regardées en particulier ici comme non uniquement liées au seul cadre de la préparation de la classe¹⁹. Ce point de vue conduit ces auteurs (*ibid*) à appréhender les genèses instrumentales de l'enseignant dans des dynamiques plus globales liées aux différents contextes d'utilisation des technologies par l'enseignant : *les genèses d'usages des technologies*, aussi bien dans leurs dimensions personnelle que professionnelle.

2.2.4 Développements récents

Les contributions les plus récentes sur le développement d'une approche instrumentale poursuivent cette inflexion vers la prise en compte de l'enseignant et doivent aujourd'hui composer avec l'émergence de nouveaux outils technologiques. Différentes directions semblent prises pour analyser les genèses d'usages des technologies chez les enseignants.

Abboud-Blanchard, Cazes, and Vandebrouck (2007) étudient l'usage que font les enseignants des BEL en classe de seconde. Le cadre théorique général de leurs travaux se situe au niveau de la théorie de l'activité et permet un regard sur l'activité de l'enseignant prenant en compte le contexte institutionnel et social²⁰. L'activité de l'enseignant, étudiée à travers les scénarios, leurs préparations et les déroulements en classe, et analysée en terme d'activité-élèves, permet de renseigner les composantes cognitive et médiative de la pratique enseignante (Robert 2001). La prise en compte de différents déterminants de l'activité, à la fois externes (institutionnels, sociaux...) et internes (liés au profil de l'enseignant) viennent enrichir l'analyse²¹. L'usage de

19. En particulier, une genèse instrumentale personnelle n'intègre pas nécessairement une réflexion didactique préparant une genèse professionnelle

20. La théorie de l'activité permet de penser l'activité humaine à travers un modèle systémique qui inclut en plus de la triade classique sujet-outil utilisé-objet de l'activité, trois pôles supplémentaires que sont la communauté, les règles appliquées et la division du travail (Modèle de Engestrom 1991). Comprendre l'activité nécessite l'analyse des relations entre les sous-systèmes du modèle mais également l'intérieur de chacun de ses sous-systèmes.

21. Cette approche offre ainsi une lecture de l'activité de l'enseignant selon cinq composantes. Deux d'entre elles directement observables : une composante cognitive associée aux choix de scénarios pour les élèves et une composante médiative associée aux choix des gestion de classe. Trois autres non directement observables : une composante institutionnelle qui traduit l'adaptation aux contraintes de programmes, aux demandes de l'institution... une composante sociale liée à l'adaptation aux

l'outil technologique dans ce construit théorique est pensée en terme de déterminant externe de l'activité. L'apport essentiel de l'approche instrumentale se traduit par la prise en compte des effets sur les sujets enseignants de leur propre activité instrumentée. Dans son activité, le sujet enseignant se construit lui-même et modifie ses représentations personnelles. Dans cette perspective, ce sont donc les conditions de sa pratique d'enseignant qui sont modifiées. Il s'agit des effets de l'activité constructive du sujet, l'activité productive étant quant à elle, associée aux résultats de l'activité en terme d'effets sur les élèves. Cette distinction introduite entre deux plans de l'activité de l'enseignant, *productif-constructif*, permet alors d'appréhender les genèses instrumentales du professeur en terme de *résultats* de l'activité constructive de l'enseignant.

Dans les développements ultérieurs de ces travaux de thèse, Haspekian propose une articulation de l'approche instrumentale avec la double approche ergonomique et didactique des pratiques enseignantes (Robert and Rogalski 2002). Le choix qu'elle opère sont quelque peu différents. L'activité instrumentée de l'enseignant est d'abord appréhendée à travers la mise en oeuvre et la gestion, par un sujet institutionnellement et socialement situé, d'orchestrations didactiques pensées plus globalement²². Ce point de vue adopté permet de disposer d'une grille de lecture globale de l'activité instrumentée de l'enseignant dépassant la seule prise en compte de la gestion par l'enseignant des genèses instrumentales des élèves²³. Les genèses instrumentales du professeur ne sont plus regardées ici comme la résultante de l'activité constructive du sujet enseignant. Situées au coeur des orchestrations, ces genèses *participent* à l'activité constructive du sujet. Cette dernière est ainsi appréhendée à un niveau plus "micro", à travers l'usage qui est fait par l'enseignant de l'outil. La grille principale de lecture de l'activité enseignante est donc celle de l'étude de la genèse d'usage de l'outil en situation de travail et de la gestion des orchestrations didactiques qu'elle implique. Cette vision instrumentale de l'activité de l'enseignant ouvre la voie à un rapprochement avec la grille de lecture de l'activité enseignante à travers les cinq composantes de la double approche didactique et ergonomique de Robert et Rogalski à travers les cinq composantes qu'elle propose. L'articulation est pensée en terme d'examen du poids²⁴ relatif des *aspects instrumentaux*, relevant à la fois des genèses d'usage de l'outil comme instrument d'enseignement pour l'enseignant et de la gestion

conditions sociales, aux élèves ainsi qu'une composante personnelle associée aux représentations, connaissances et expériences de l'enseignant.

22. Ces orchestrations sont définies au sens large comme l'organisation environnementale dans "*le temps et l'espace de travail des élèves et/ou de l'enseignant*" (Haspekian 2008)

23. ce que Trouche dénomme le pilotage externe des genèses

24. A la fois en terme de contraintes mais également en terme d'ouverture des possibles de l'action enseignante.

par l'enseignant des genèses d'usage du côté élèves comme instrument de travail mathématique, sur les composantes cognitives et médiatives de l'activité de l'enseignant.

Gueudet et Trouche (2008) dans leurs travaux sur l'usage des bases d'exercices en ligne (BEL) par les professeurs, proposent de faire appel à des éléments théoriques de l'approche instrumentale, en effectuant cependant des choix différents de ceux évoqués précédemment. L'approche instrumentale leur permet de penser les phénomènes d'appropriation des BEL par les enseignants en terme de genèses côté professeur : l'instrumentalisation des BEL relève de l'appropriation de l'outil et l'exploitation de ces fonctionnalités techniques, l'influence des BEL sur l'activité de l'enseignant et sur son développement professionnel est caractérisée en terme d'instrumentation. Le concept de classe de situations de Rabardel est repris et étendu à l'activité de l'enseignant. Les classes de situations professionnelles sont ainsi définies du plus général (par exemple "gérer l'hétérogénéité de la classe") au plus spécifique, impliquant un contenu mathématique (par exemple "introduire le cosinus d'un angle en classe de troisième")²⁵. Cette distinction des plans de l'activité de l'enseignant faite dans ce construit théorique répond à un besoin d'organisation de l'étude des genèses instrumentales côté enseignant et de distinction de la nature des déterminants qui pèsent sur ces genèses. Il s'agit d'identifier pour les classes de situations générales, le système de conditions et de contraintes institutionnelles pesant sur les genèses instrumentales. Les classes de situations particulières, quant à elles, dépendantes du contenu mathématique, permettent de mettre à jour des régularités dans l'activité du professeur. Ce sont ces régularités et les invariants opératoires qui les sous-tendent qui sont alors interprétés en terme de schèmes professionnelles liés à l'usage des BEL. Notons que dans le cadre spécifique de l'étude de l'usage des BEL, les auteurs considèrent que cet artefact incorpore son propre contrat didactique (Brousseau), distinct du contrat habituel de la classe. Cette distinction les conduit à penser une articulation entre contrat didactique et les processus d'instrumentation et d'instrumentalisation : l'instrumentalisation et les détournements d'usages qui l'accompagnent sont interprétés en terme de modification du contrat porté par les BEL. L'instrumentation est, quant à elle, considérée comme des conséquences du contrat didactique embarqué par les BEL.

Notons également que Gueudet and Trouche (2010) ont proposé le développement d'un cadre théorique spécifique s'appuyant sur l'approche instrumentale, dans la

25. Ces classes de situations professionnelles ne sont nécessairement distinctes, une classe liée à un contenu peut être une sous classe d'une classe plus générale. "gérer l'hétérogénéité de la classe lors de l'introduction du cosinus d'un angle en classe de troisième" est une sous classe de la classe générale "gérer l'hétérogénéité de la classe"

continuité de leur travaux et d'une prise en compte globale de l'activité de l'enseignant. Ceci les a conduit à s'intéresser au travail de l'enseignant hors de la classe en le considérant comme élément d'analyse du développement professionnel de l'enseignant. L'intérêt porté sur les types de ressources auxquels l'enseignant a affaire s'est traduit dans ce cadre par un élargissement du concept d'artefact à l'ensemble des ressources mobilisées par l'enseignant pour construire son enseignement. Ce point de vue adopté permet alors la distinction entre les ressources (niveau artefactuel) qu'un professeur exploite, des documents (niveau instrumental) qu'il constitue pour son enseignement au cours de genèses documentaires. Deux processus d'instrumentation (les ressources outillent l'enseignant) et d'instrumentalisation (l'enseignant adapte, modifie, enrichit ces ressources) sont ainsi considérés au coeur de ces genèses documentaires.

2.2.5 Bilan

L'approche instrumentale a été initialement pensée par Rabardel dès 1995 en accordant une place privilégiée aux artefacts, à la façon dont un sujet utilisateur transforme ces artefacts en se les appropriant et dans un même mouvement, à la manière dont ces derniers sont susceptibles de modifier l'activité du sujet. Cette approche, enracinée dans l'ergonomie cognitive, a trouvé un terrain favorable de développement dans les travaux de didactique français dès lors que ces derniers se sont intéressés aux pratiques instrumentées dans la classe. Originellement conçue pour étudier l'activité professionnelle d'un sujet, son usage en didactique des mathématiques a dû concilier l'héritage culturel de ce champ de recherche et les spécificités d'une activité liée à l'apprentissage. Si l'approche instrumentale utilisée dans une première vague de travaux en didactique pour étudier les apprentissages des élèves s'est traduite par une certaine diversité dans les directions théoriques empruntées, l'inflexion récente de ces recherches vers l'analyse des pratiques instrumentées des enseignants n'a pas non plus contribué à une éventuelle unification théorique. Ce changement de regard sur l'enseignant dans les recherches laisse apparaître des différences interprétatives dans le recours à cette approche. Les articulations pensées avec les champs de recherches traditionnels de la didactique des mathématiques demeurent diverses et restent encore pour une part à développer. Deux directions semblent particulièrement s'exprimer. Pour certains auteurs, proches des théories de l'activité, l'approche de Rabardel est un moyen de penser les contraintes instrumentales qui pèsent sur l'activité constructive de l'enseignant, les genèses instrumentales étant alors vues comme porteuses des marques du développement professionnel. Un des enjeux réside alors dans le fait de mieux comprendre le rôle joué par l'instrument dans l'évolution des scénarios et

les déroulements dans la classe orchestrés par l'enseignant. Pour d'autres, proches de l'approche anthropologique, la figure professorale est d'abord regardée comme institutionnellement située. Le travail de l'enseignant est appréhendé à travers un système de conditions et de contraintes qui pèsent sur ses choix. L'approche instrumentale est alors vue comme permettant d'éclairer les aspects instrumentaux dans ce système. Un des enjeux est de penser l'activité de l'enseignant en terme de praxéologie didactique (type de tâches, techniques, technologie et théorie didactique) liée en particulier à l'usage de l'outil²⁶. Si l'approche instrumentale est susceptible d'éclairer certains aspects instrumentés des techniques didactiques professorales, cette entreprise reste délicate dans le cas d'un professeur confronté à une activité complexe et en l'absence de réelle référence sur les praxéologies didactiques de l'enseignant²⁷.

Reste qu'au delà de ces différences interprétatives de l'approche instrumentale dans la lecture de l'activité de l'enseignant, se dessine dans ces différents travaux une ambition commune, celle de mieux articuler le réseau de déterminants de l'activité instrumentée de l'enseignant. Compte tenu de la densité croissante de l'éco-système numérique dans lequel enseignants et élèves évoluent, cette posture apparaît judicieuse. Pour autant, la difficulté réside non pas dans l'ouverture à la variété des déterminants, mais bien dans le soin qui est à apporter dans la hiérarchisation de tels déterminants et dans leur pondération, certains étant plus agissant que d'autres à certains moments. Les développements récents, avec l'approche documentaire, poursuivent cette direction entreprise, en proposant d'examiner d'autres formes de déterminants, hors de la classe, l'évolution du système documentaire du professeur étant dans cette perspective vue comme fondatrice du développement professionnel. Pour reprendre la terminologie de Rabardel, il s'agit *in fine*, de mieux comprendre, entre contraintes et marges de manoeuvre, la part du rôle des instruments²⁸ dans le développement du pouvoir d'agir des enseignants.

La nécessité de retracer la genèse d'utilisation de l'approche instrumentale, de son point de départ telle qu'elle a été développée par Rabardel (1995) en ergonomie cognitive, puis intégrée en didactique des mathématiques pour étudier les phénomènes d'apprentissage puis d'enseignement médiés par les instruments, tient à ce que nous souhaitons inscrire notre étude des genèses d'usage du TBI dans le cadre de

26. Certains auteurs (Bueno-Ravel et Gueudet, 2007) parlent alors par exemple de techniques didactiques instrumentées.

27. Dans le cas des praxéologies mathématiques, ce sont les textes officiels qui constituent la référence.

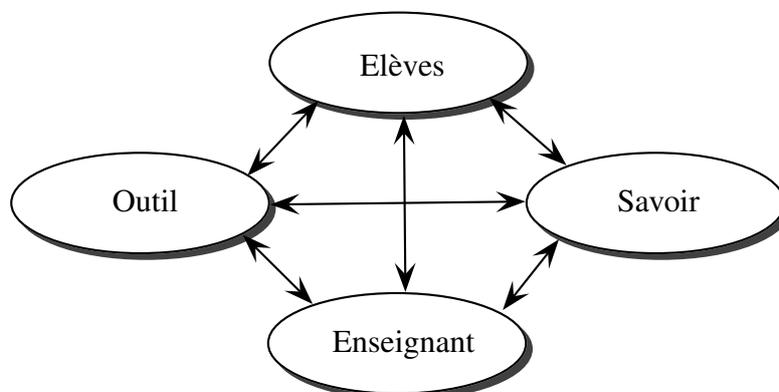
28. Ce terme est ici à prendre au sens large

l'approche instrumentale et ses développements récents. L'outil TBI, développé en premier lieu pour un usage par le professeur, apparaît en effet de manière évidente comme un artefact professionnel pour l'enseignant qui le constitue progressivement en instrument pour enseigner dans la classe. Dans la section suivante, nous précisons la manière dont notre étude se situe par rapport aux développements récents de l'approche instrumentale. Il s'agit en particulier d'explicitier les emprunts que nous réalisons en même temps que les extensions que nous sommes amenés à réaliser pour penser l'organisation de l'étude des genèses d'usage du TBI.

2.3 Cadrage théorique de l'étude.

L'approche développée dans notre travail doit permettre d'aborder la question relative aux pratiques enseignantes et à leur stabilité dans un environnement informatisé et plus particulièrement, à travers la pratique ordinaire des enseignants, l'étude de la genèse d'usage de l'outil TBI.

De façon générale, l'introduction d'un outil informatique dans la classe vient bousculer la modélisation d'une situation d'enseignement, complexifiant le classique triangle didactique.



Aux traditionnelles interactions entre les trois pôles que sont le professeur, les élèves et les savoirs mathématiques, viennent s'ajouter de nouveaux axes d'études (outil-professeur, outil-savoirs mathématiques, outil-élèves) qui sont autant de points de vue permettant d'appréhender la complexité de l'étude d'une situation d'enseignement-apprentissage. Si l'étude exhaustive de cette dernière supposerait de croiser ces différents points de vue, cette attitude, au-delà de la question de son opérationnalisation sort du cadre de notre étude. Ainsi, pour accéder à certaines pratiques relatives à l'usage du TBI par l'enseignant, notre premier choix méthodologique a été de fixer deux des quatre facteurs du quadruplet précédent, à savoir les pôles enseignant et outil, puis de travailler à partir des régularités et des disparités observées. C'est donc

sous l'angle de l'axe outil-enseignant que nous nous proposons, dans un premier mouvement, d'appréhender la situation et d'accéder en particulier à d'éventuelles genèses d'usage de l'outil.

2.3.1 Délimitation et utilisation de l'approche instrumentale.

Dans le cadre théorique proposé par Rabardel, l'activité d'un sujet est considérée depuis sa relation aux artefacts. Dans le processus de constitution de l'artefact en instrument, des transformations sont visibles à la fois au niveau de l'artefact ainsi qu'au niveau de l'activité : pour ce qui est de l'artefact, par l'attribution de fonctions, le non-usage de fonctionnalités, le détournement de fonctions, le recours à plusieurs artefacts. Du côté de l'activité, par la transformation, la réorganisation des invariants de l'activité et par l'évolution des objets de l'activité lors de l'usage.

Rabardel propose de plus d'inscrire ce processus dans un cycle d'ensemble plus large de conception d'un artefact impliquant une pluralité d'acteurs, utilisateurs, ingénieurs, designers... eux mêmes confrontés à des situations très différentes. L'activité de conception n'est donc ici pas limitée à celle du concepteur tout comme l'usage ne se résume pas, lui non plus, à l'activité d'un utilisateur final.

Dans la suite, nous explicitons comment nous tirons parti de ce premier outillage conceptuel pour poursuivre deux objectifs principaux dans notre étude : d'une part, examiner l'adéquation de l'outil TBI à l'activité de l'enseignant, d'autre part, rendre compte des usages en situation afin de décrire et comprendre l'organisation de l'activité et son évolution, telle qu'elle est développée par le sujet au cours de son activité.

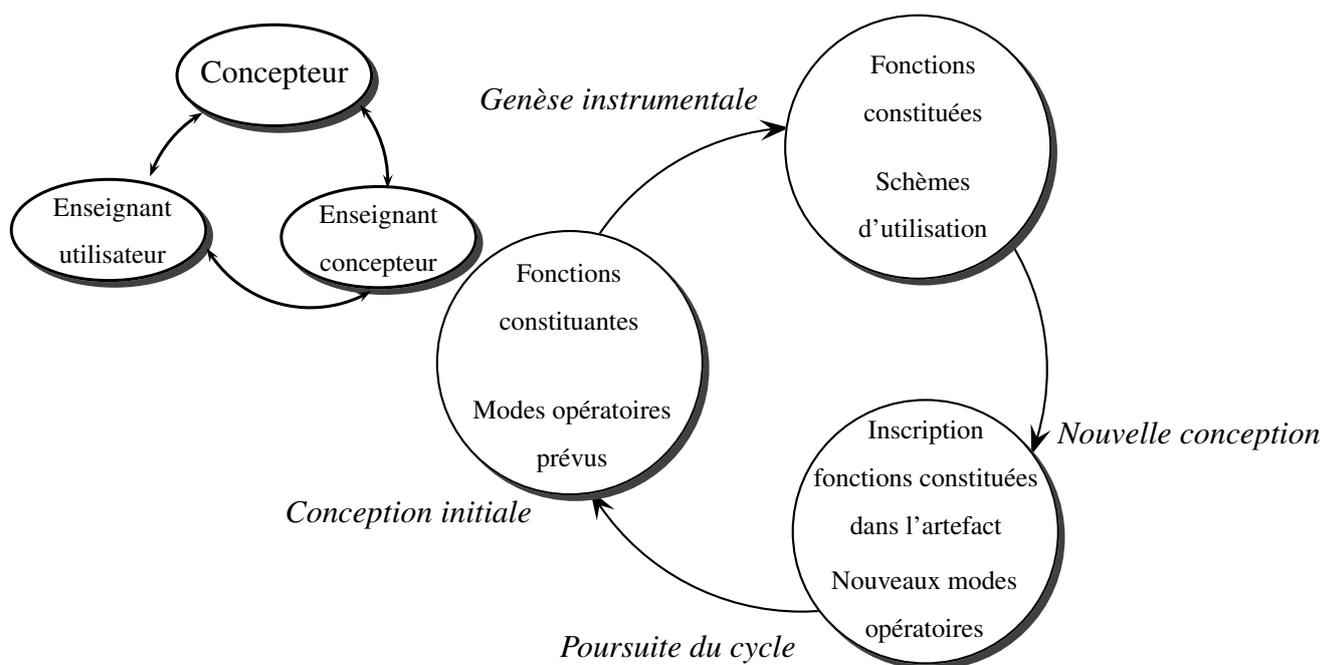
De la prise en compte d'une conception pour l'usage...

L'inscription du TBI dans un cycle d'ensemble de conception partagé entre utilisateurs et concepteurs permet de questionner l'adéquation des fonctionnalités du TBI et de ses potentialités pour l'enseignement. Plus largement, dans ce contexte, se pose la question de la pertinence d'une analyse des usages fondée sur la prescription et inscrite dans la technique par les constructeurs imprimant à chaque outil sa fonction et auxquelles l'utilisateur se conforme ou pas. C'est ce contexte qui inscrit l'usage dans un double déterminisme : celui de l'offre technique d'une part, celui des pratiques professionnelles en cours d'autre part.

Dans le cadre spécifique de l'étude des pratiques enseignantes médiées par le TBI, nous proposons d'enrichir ce cycle d'ensemble de conception d'une boucle supplémentaire prenant en compte une double facette de l'activité de l'enseignant au sein de l'environnement TBI : à la fois *concepteur* et *utilisateur*. Précisons dès lors quelque

peu ce propos.

L'outil TBI est d'abord pensé pour un usage par l'enseignant. Il est un environnement de travail qui peut être enrichi par le professeur au moyen de nombreuses ressources. Ergonomiquement proche du tableau blanc traditionnel, le TBI hérite dans un premier niveau d'utilisation, des fonctionnalités de ce dernier (possibilités d'annoter et d'effacer la surface de vidéoprojection). Mais cette page *blanche* offerte par l'outil est susceptible d'être enrichie par l'enseignant de diverses manières en investissant plus finement les fonctionnalités du dispositif. L'activité de *conception* de l'enseignant peut ainsi être réduite à sa portion congrue, peut s'appuyer sur des ressources développées spécifiquement en direction des TBI (les manuels interactifs garantissent par exemple une articulation relativement simple des TBI avec des technologies plus anciennes) ou encore solliciter l'utilisation conjointe d'animations et de logiciels tiers (tels que des logiciels de géométrie dynamique, un tableur, un exerciceur...). L'usage du TBI s'inscrit dès lors dans la maîtrise d'un système d'artefacts imbriqués et mis en relation les uns avec les autres, l'usage d'un logiciel tiers s'opérant à travers l'usage du logiciel TBI, lui-même en relation avec le système d'exploitation de la machine. Les TBI sont alors "*des instruments pour les enseignants au sens où ils peuvent être considérés comme des variables sur lesquels ils peuvent agir pour la conception de situations pédagogiques*" (Rabardel 1999). Si le TBI est un instrument pour le professeur, le professeur est également le concepteur de la ressource TBI produite.



Ainsi, l'enseignant fabrique un artefact qui deviendra son propre instrument. Si la chose n'est pas banale (il est en effet rare de *fabriquer* soi-même ses propres artefacts

et ce sans probablement avoir eu de formation spécifique), plusieurs questions voient le jour : comment le professeur pensera cette conception ? comment la fera-t-il à son image ? sera-t-elle un élément central dans sa pratique ?

Nous avons déjà évoqué les contraintes portées par l'artefact que Rabardel entrevoit, dans le cadre d'une conception partagée entre utilisateurs et concepteurs (contraintes de modalités d'existence, de finalisation et de structuration de l'action). Le concepteur transmet une façon de voir les choses. Parce que le TBI est un outil qui n'a pas été pensé pour un usage spécifique par les enseignants de mathématiques, mais de manière indifférenciée pour l'ensemble du corps enseignant, nous pensons que c'est aussi à un niveau de conception, partagée entre un *enseignant concepteur* et un *enseignant utilisateur*, que l'instrument construit est porteur d'une certaine conception des mathématiques, de leur enseignement, il est pourvoyeur d'intentions²⁹. Autrement dit et dans une certaine mesure, l'instrument est porteur d'éléments constitutifs du contrat didactique (Brousseau 1990) de la classe. C'est à ce niveau qu'il est possible de questionner les savoirs mathématiques en jeu. En adoptant ce point de vue, c'est *in fine*, la flexibilité interprétative qu'offre intrinsèquement le dispositif technologique TBI aux enseignants de mathématiques que nous soulignons.

Ce premier emprunt à Rabardel appelle ici différentes précisions :

- D'une part, si l'étude du cycle de conception de l'instrument centré sur l'enseignant est susceptible de partager des caractéristiques communes avec l'étude du processus de genèse documentaire, ici, nous ne prenons pas en compte l'ensemble des ressources du professeur, ni l'ensemble de son travail documentaire. Nous nous centrons sur un artefact spécifique et sur les choix opérés par le professeur dans *l'espace numérique de création* proposé par l'artefact. La compréhension de l'activité de conception de l'enseignant nécessite celle de ses intentions. C'est le lien entre les intentions de l'enseignant et l'instrument-ressource qu'il construit que nous souhaitons investir pour décrire les intentions préalables de l'enseignant. En érigeant l'*enseignant concepteur* comme trait d'union entre l'*enseignant utilisateur* d'une part, et les concepteurs de l'outil d'autre part, l'activité de conception de l'enseignant apparaît dès lors comme *relativement requise*, à la croisée d'une part, des contraintes artefactuelles et plus largement des présupposés de la conception pour l'usage qui sont portés dans l'artefact proposé et imprimés dans cet artefact par les concepteurs³⁰ et d'autre

29. Nous précisons ce propos par la suite.

30. Les anglo-saxons parlent de notion d'affordance pour rendre compte que les objets peuvent être conçus comme instanciant des comportements et donc pourvoyeurs d'intention à travers l'attention qu'ils appellent.

part, de l'anticipation du déroulement et des orchestrations didactiques³¹ dont l'enseignant doit penser la gestion. C'est à travers ce prisme que nous recherchons une lecture des intentions préalables de l'enseignant. Notons enfin que ce système ternaire (*concepteur - enseignant concepteur - enseignant utilisateur*) ouvre la voie à une meilleure compréhension des décalages potentiels entre les fonctionnalités de l'outil et ses potentialités entrevues pour l'enseignement des mathématiques.

- D'autre part, si la prise en compte de deux niveaux de cycle de conception laisse chacun apparaître des genèses instrumentales, nous ne considérons pas ces genèses comme disjointes, et en particulier, elles ne suivent pas la dichotomie entrevue entre genèses personnelles et professionnelles. Nous considérons uniquement les genèses instrumentales issues de la conception pour l'usage, celui de l'activité professionnelle dans la classe. De la même façon, si l'usage du TBI s'inscrit dans la maîtrise d'un système d'artefacts imbriqués, nous prenons le parti de ne pas différencier la maîtrise de ces différents d'artefacts et les diverses genèses instrumentales qu'elle induit en considérant l'ensemble de ces artefacts imbriqués comme une seule et même entité artefactuelle que l'enseignant érige en instrument.

...à la prise en compte d'une conception dans l'usage

La conception d'un artefact se continuant dans l'usage, nous poursuivons un second axe de travail à ce niveau, celui de la mise en oeuvre dans la classe, avec l'étude des genèses instrumentales du professeur et des processus conjoints d'instrumentation et d'instrumentalisation. En particulier, si la prise en compte du niveau de la conception pour l'usage donne accès à travers l'instrument construit par l'enseignant, aux intentions préalables, l'étude de la conception de l'instrument dans l'usage doit permettre l'accès à un second niveau d'intentions, celles des intentions en action, résultantes de la relation dialectique entre les attentions préalables et la mise en oeuvre *in situ*.

Appliquer le cadre de l'approche instrumentale à l'intégration du TBI dans la classe nécessite alors, du côté de l'instrumentalisation de l'outil par l'enseignant, d'étudier comment l'outil s'inscrit dans des usages, c'est à dire, des activités où il constitue un moyen mis en oeuvre pour servir les objectifs didactiques de l'enseignant. Il s'agit également d'étudier comment les potentialités didactiques de l'outil sont progressivement révélées. Du côté de l'instrumentation du TBI, il s'agit, pour l'enseignant, à

31. Pris ici dans le sens d'Haspékian, c'est à dire l'organisation environnementale dans "*le temps et l'espace de travail des élèves et/ou de l'enseignant*"

partir de schèmes d'enseignement déjà constitués, témoins d'une pratique de classe stable, d'en construire de nouveaux qui prennent en compte l'usage du TBI. Il s'agit, pour l'enseignant, de construire une organisation invariante de sa conduite pour une classe donnée de situations et susceptible de devenir une ressource pour son activité dans d'autres classes de situations. Dans le cas spécifique du TBI, ergonomiquement proche du tableau blanc, et permettant l'usage de logiciels tiers, la construction de nouveaux schèmes incorporant son usage, est susceptible de résulter de l'accommodation de schèmes anciens construits dans des environnements différents qui partagent en partie les caractéristiques de ce nouvel environnement³². L'enseignant pourra en particulier mettre en oeuvre des connaissances importées de domaines plus familiers qui partagent des buts, des objets³³ avec le dispositif nouveau. Ce sont donc des connaissances familières qui sont susceptibles d'être mis en oeuvre dans ce nouveau contexte.

Rabardel propose d'utiliser le modèle SACI pour décrire les classes d'activités collectives instrumentées d'un sujet. Nous avons déjà évoqué que, dans ce descriptif, d'une part, le pôle objet est pris dans le sens d'éléments sur lesquels porte l'action du sujet, d'autre part, les intentions du sujet sont absentes. Dans le cadre de l'activité enseignante, cette caractérisation doit être précisée. Il nous semble possible d'interpréter les développements récents de l'approche instrumentale comme une tentative de préciser à la fois ces classes d'activités instrumentées (et leurs organisations en familles et en domaines d'activités) et les objets sur lesquels portent l'activité. C'est, *in fine*, la question de la grille de lecture de l'activité enseignante qui se pose dès lors qu'il s'agit de faire fonctionner ce modèle. Chez certains auteurs, cela s'est traduit par une définition de l'activité enseignante en terme de praxéologie didactique de l'enseignant. Pour d'autres, il s'agit d'étudier les différentes orchestrations gérées par l'enseignant dans sa classe.

Nous pensons que dans le cadre de l'analyse de pratiques enseignantes médiées par l'outil TBI, deux précautions doivent être prises. La première concerne le niveau d'analyse de l'activité de l'enseignant. Si les TBI sont susceptibles de garantir une articulation simple des nouvelles technologies avec les anciennes, l'accès aux ajustements nécessaires pour intégrer cette technologie ainsi que les modifications requises pour organiser l'étude d'un thème mathématique donné, nécessite un grain d'analyse de l'activité suffisamment fin. L'utilisation de ce nouvel outil ne modifie en effet pas nécessairement les objectifs généraux de la tâche de l'enseignant. En revanche, les

32. Le dispositif TBI permet par exemple de contrôler des applications telles qu'un logiciel de géométrie dynamique ou encore un tableur, deux types de logiciels dont l'usage, prescrit par l'institution, s'opère aussi dans une configuration parfois différente : celle de la salle informatique.

33. par exemple, un écran de projection, un logiciel de géométrie, etc...

procédures, particulières à l'outil TBI, intégrant de nouveaux éclairages apportés par la technologie, sont susceptibles quant à elles de varier significativement. Le changement d'artefact a donc des effets limités en fonction du niveau de prise en compte de l'activité de l'enseignant.

La seconde précaution tient de la prise en compte des spécificités de l'activité de l'enseignant médiée par la technologie TBI. Pour évoquer l'intégration d'outils technologiques dans la classe, la métaphore de l'orchestration a d'abord été emprunté pour désigner l'organisation intentionnelle des artefacts et des acteurs d'un environnement d'apprentissage pour assister les genèses instrumentales des élèves (Trouche 2003), puis, pour désigner plus largement l'organisation environnementale dans "*le temps et l'espace de travail des élèves et/ou de l'enseignant*" (Haspekian 2008), soulignant ainsi l'importance du rôle du professeur dans la classe. En particulier, parmi les actions du professeur médiées par la technologie TBI, il en est une qui est susceptible d'être particulièrement outillée par un dispositif qui permet la visualisation collective de ressources : celle des interactions entre le professeur et les élèves à travers l'usage du TBI. Rendre intelligible cette action de l'enseignant au sein de l'environnement du TBI nécessite de considérer l'importance de l'orchestration de ces interactions et des agencements matériels et spatiaux, initiés par le professeur, au service de l'organisation de l'action *mathématisante* des élèves. En particulier, c'est à travers l'action conjointe du professeur et des élèves que cet artefact se constitue en instrument, *ie* en un moyen d'enseignement à l'aide duquel l'enseignant et les élèves conduisent ensemble, de manière dissymétrique, une action didactique. Si l'approche instrumentale permet de rendre compte des effets de l'organisation de l'action par l'artefact, elle demeure cependant mal outillée pour documenter les spécificités de l'action conjointe de l'enseignant et des élèves dans l'environnement du TBI³⁴.

La théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy and Mercier 2007) et l'outillage qu'elle propose paraît pouvoir répondre favorablement aux précautions exhibées plus haut. Dans la suite de cette section, nous présentons la théorie de l'action conjointe en didactique en spécifiant les apports identifiés de ce cadre. Nous décrivons ensuite l'articulation qui sera effectuée entre l'approche instrumentale et l'action conjointe.

2.3.2 La théorie de l'action conjointe en didactique.

Dès 2000, un article collégial (Mercier, Sensevy, and Schubaueur-Leoni 2000) pose les fondements de la théorie, d'abord descriptive, de l'action conjointe. La publica-

34. Si Rabardel propose de modéliser dans le système SACI les médiations du sujet avec d'autres sujets (il parle alors de médiation interpersonnelle pour désigner l'orientation vers les autres), ici la spécificité de cette médiation tient à ce qu'elle est nécessairement dissymétrique, orchestrée par l'enseignant à des fins d'enseignement et d'apprentissage.

tion, en 2007, de l'ouvrage collectif "*Agir ensemble*" (Sensevy and Mercier 2007) témoigne de l'évolution et de ce que d'aucuns dénomment un "tournant actionnel" de cette théorie qui s'est aujourd'hui recomposée en *théorie de l'action conjointe en didactique* (TACD). Dans ce syntagme, si l'action, spécifiée au didactique, est qualifiée de conjointe, c'est pour mieux rendre compte de son caractère relationnel et coopératif³⁵. Accéder à la compréhension de cette action suppose dans ce cadre, de considérer celle-ci comme nécessairement conjointe, fondée sur une communication dans la durée, entre le professeur et les élèves. Cette théorie considère ainsi que "*dans chaque action du professeur, l'élève trouve une place, même minime, et la même chose peut se dire de l'action de l'élève*" (*ibid*, p6). La TACD se fonde sur la notion de jeu³⁶ en tant que "*modèle pertinent pour mettre en évidence certains aspects du monde social et de l'activité humaine*". Cette caractérisation de l'action conjointe en terme de jeu³⁷ "*a le mérite de souligner les aspects affectifs de l'action (l'investissement dans le jeu) et ses aspects effectifs, pragmatiques (quand et comment gagne-t-on ?)*" (*ibid*, p19). Il s'agit, dans cette perspective, de voir l'enseignant comme engageant les élèves dans une succession de jeux, dont les enjeux successifs produisent l'avancée du savoir dans la classe. Le jeu de l'enseignant va ainsi être un jeu sur le jeu des élèves. Comme le souligne Sensevy, la visée de la TACD est de mieux comprendre à quels jeux jouent le professeur et les élèves et quelles sont les déterminations de ces jeux. Le système conceptuel de référence de la théorie est constitué par des concepts issus de la didactique des mathématiques et, notamment des travaux de Brousseau (1998) et Chevallard (1999), avec en particulier le triplet "chronogenèse, topogenèse et méso-genèse" auquel viennent s'ajouter les notions de "milieu" et de "contrat didactique". Elle considère le jeu didactique qui est constitutif des *transactions didactiques* et les jeux d'apprentissage qui sont des spécifications du jeu didactique à des savoirs définis³⁸. Ces jeux d'apprentissage, qui voient le jour *in situ*, quand, dans le flot du jeu didactique survient un nouveau savoir, instituent des contrats didactiques, spécifiés eux-mêmes à des milieux qu'il s'agit de décrire et représentent le contexte de l'action didactique.

Pour décrire les *transactions didactiques* pour lesquelles les savoirs, contenus de la re-

35. L'action est coopérative car les deux instances que sont le professeur et les élèves gagnent ou perdent ensemble.

36. Jeu qui repose en partie sur un paradoxe (Brousseau 1998) : la position de l'enseignant le met dans l'obligation de faire produire par les élèves les réponses qui attestent de l'apprentissage, mais s'il dévoile le savoir, il les prive de la possibilité d'agir et donc d'apprendre.

37. C'est un jeu dissymétrique car les joueurs (le professeur et les élèves) n'occupent pas la même place dans la transaction au début du jeu tout au moins.

38. Le jeu didactique se présente alors comme un système lié de jeux d'apprentissage. Notons récemment l'introduction dans la TACD de la notion de jeu épistémique cible qui traduit d'une certaine manière le rapport de l'enseignant au savoir.

lation et objets de communication, représentent "*les objets transactionnels*" (Sensevy and Mercier 2007, p16), la TACD dispose de différents outils dont nous faisons état succinctement. Parce que le professeur dirige les jeux d'apprentissage, un changement de jeu étant initié par lui dès lors que le jeu précédent ne permet pas d'atteindre les objectifs visés, il le fait en assurant quatre fonctions que Sensevy pose comme nécessaires :

- *Définir le jeu*, c'est-à-dire rendre les élèves capables de jouer le jeu selon les règles
- *Dévoluer le jeu*, c'est-à-dire faire en sorte que les élèves assument de jouer le jeu d'une manière "adéquate",
- *Réguler le jeu*, c'est-à-dire, faire en sorte que les élèves élaborent les règles stratégiques qui permettent de gagner au jeu
- *Institutionnaliser* les résultats du jeu, c'est-à-dire s'assurer du passage d'une connaissance³⁹ de son rôle de moyen de résolution du jeu à celui de référence pour des utilisations futures.

Pour prendre en compte le fait que le professeur construit les jeux, conjointement avec les élèves, la TACD complète les outils de descriptions des transactions de trois concepts permettant de saisir l'aspect évolutif des situations. Au sein du système didactique, le professeur doit agir pour :

- Produire les lieux du professeur et de l'élève (effet de *topogénèse*) ;
- Produire les temps de l'enseignement et de l'apprentissage (effet de *chronogénèse*)
- Produire les objets des milieux des situations et l'organisation des rapports à ces objets (effet de *mésogénèse*).

La mésogénèse permet de décrire les comportements du professeur et des élèves dont la fonction est de construire un système commun de significations. Une description mésogénétique attirera par exemple l'attention sur la manière dont le professeur introduit "*dans le milieu*" une signification quelconque, notamment grâce à un énoncé (*ibid*, p30). La chronogénèse relève, quant à elle, de la gestion du temps didactique. Notons avec Sensevy que mésogénèse et chronogénèse sont en étroite relation. En effet, si l'exemple précédent, "*introduire un élément dans le milieu*", possède une valence mésogénétique, sa valence chronogénétique sera activé si l'attention portée sur cet élément se concentre sur l'introduction du nouveau au sein de l'ancien, sur le jeu institué entre l'ancien et le nouveau. La troisième dimension topogénétique permet

39. Nous reprenons ici la définition donnée par Brousseau de l'institutionnalisation sans entrer dans le détail de la distinction entre connaissance et savoir.

de décrire le partage des responsabilités dans les *transactions didactiques*. Elle permet ainsi de se centrer sur la manière dont les différentes actions mésogénétiques et chronogénétiques sont partagés entre les différents protagonistes.

La TACD dispose ainsi, avec le couple de descripteurs précédent, d'une première spécification de la nature des *transactions didactiques*. Un troisième système de description est envisagé en considérant ces transactions comme produites au sein d'un *contrat didactique* qui leur donnera leurs formes. La notion de contrat didactique, en tant que règle de décodage de l'activité didactique est dès lors pour Sensevy essentielle au processus de description des transactions :

- Elle fait comprendre le poids des habitudes d'action dans leur formation, et incite donc à considérer des habitudes de transaction.
- Elle fait comprendre comment les transactions didactiques reposent sur les attentes, de l'élève vers le professeur, mais aussi du professeur vers l'élève.
- Elle fournit un cadre à l'étude génétique de la constitution des normes dans la classe, et à la manière dont ces normes ont été dépassées ou redéfinies dans la dialectique de l'ancien et du nouveau. (*ibid*, p19)

Cet ensemble descriptif⁴⁰ ainsi constitué permet de poser différents points de vue sur l'action conjointe pour mieux la comprendre. En particulier, cet ensemble peut se concevoir à différents niveaux, du niveau microscopique (quelques échanges) au niveau macroscopique (la séance entière) et autorise ainsi un grain d'analyse relativement fin.

Notons pour terminer cette présentation que si la TACD dispose des outils précédents pour conduire l'enquête *in situ* des déterminations effectives de l'action, elle propose également de poser un regard plus large sur l'action professorale dans le but d'aider à la compréhension du système général de prises de décisions de l'enseignant⁴¹. Dans cette perspective, trois grandes strates de descripteurs de l'action sont proposés et correspondent à trois niveaux d'articulation du jeu didactique du professeur. A un premier niveau, celui de l'action *in situ* on dira que le professeur *fait jouer jeu*. A un second niveau, en général, hors de la classe, *il construit le jeu*. Ce second niveau atteste de l'importance accordée, pour la compréhension des transactions *in situ*, au travail de préparation et aux tâches⁴² que l'enseignant choisit pour penser et organiser son enseignement. Le troisième niveau correspond à une catégorie de déterminants qui échappe en grande partie à l'action orientée du professeur (*ibid*, p34), niveau spé-

40. C'est à dire le quadruplet "*définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser*", le triplet "*mésogénèse, topogénèse, chronogénèse*" et le *contrat didactique*

41. L'ambition allant même au delà, jusqu'aux professeurs en général.

42. Le mot tâche est ici à prendre au sens très large de "ce qu'il y a à faire"

cifiée en deux dimensions : l'une sensible aux contraintes de nature institutionnelle⁴³, l'autre renvoyant aux soubassements épistémologiques de l'action professorale⁴⁴ (*ibid*, p.37), de la conception de ce qu'est l'apprentissage, des difficultés d'apprentissage... Cette pluralité de niveaux d'observation organisée en système suppose des temporalités différentes qui dépassent le temps de la séance en classe et qui dans un même temps exigent pour l'observation du "jeu" didactique un grain d'analyse très fin.

2.3.3 Délimitation et utilisation du cadre de la théorie de l'action conjointe didactique.

L'éclairage apportée par l'action didactique conjointe sur les phénomènes d'enseignement paraît susceptible d'enrichir l'analyse des genèses d'usage de l'outil TBI. Notre hypothèse est que si l'action est conjointe, c'est un processus également conjoint qui, dans une perspective d'enseignement médié par la technologie, participe à la constitution des artefacts en instruments. Autrement dit, nous considérons que ce sont les enseignants et les élèves qui conjointement, érigent les artefacts en moyen d'enseignement (les instruments) à l'aide desquels ils conduisent ensemble mais de manière dissymétrique une action conjointe.

Mettre en relation l'outil TBI avec l'action didactique conjointe permet ainsi de questionner la manière dont l'enseignant utilise l'outil pour mettre en scène les différents jeux, organisateurs de l'action mathématisante des élèves. La TACD permet l'examen de l'inscription de l'outil dans la construction des jeux, ceux construits par l'enseignant *a priori*, mais également ceux qui sont effectivement joués dans la classe. Il s'agit en particulier d'étudier comment cette inscription de l'outil s'opère au sein des contraintes de l'action conjointe et notamment des contraintes mésogénétiques, topogénétiques et chronogénétiques.

La théorie de l'action conjointe dispose d'un outillage conséquent pour investir la connaissance des jeux que l'enseignant et les élèves sont amenés à jouer en situation. Nous retenons en particulier, de cette connaissance des jeux qu'offre la TACD, la possibilité d'accéder aux intentions de l'enseignant. Pour la plupart d'entre elles, nos actions sont préparées et revêtent un caractère intentionnel. Ainsi, si l'outil TBI est porteur d'intentions, ce sont les actions de l'enseignant, médiées par l'outil et

43. Sensevy indique que cette première dimension permet de "sortir" des intentions du professeur, dans la mesure où ces contraintes laissent un espace de liberté. L'exemple qu'il prend est celui des programmes, si le professeur a l'intention de suivre les programmes, reste qu'il a la liberté de faire le contraire.

44. Sensevy parle alors d'*épistémologie pratique* du professeur en tant que théorie de la connaissance pratique qui est la leur, de son sens, de son usage. Il la qualifie de pratique parce qu'elle agit directement ou indirectement dans le fonctionnement de la classe.

engageant le travail de la classe, qui ancrent le TBI dans les pratiques et participent à sa constitution en instrument pour l'action conjointe des élèves et de l'enseignant. La grille de lecture de ces actions proposée par la TACD peut être alors exploitée pour l'accès aux intentions de l'enseignant, à celles liées au maniement de l'outil TBI et plus largement à celles inhérentes au milieu de l'action. Ce point de vue adopté permet ainsi de déplacer le regard porté sur l'outil TBI comme un *média*, porteur d'intentions à un élément du *milieu*⁴⁵.

2.3.4 Articulation des deux approches.

Dans cette section, intitulée quelque peu précocement "articulation des deux approches", l'enjeu est de mobiliser et combiner au mieux l'approche instrumentale et la théorie de l'action conjointe didactique pour appréhender les usages du TBI en classe de mathématiques. Nous n'avons pas la prétention d'accorder à tout prix ces deux cadres. Il nous faut en particulier dire ici, en guise de propos liminaires, quelques mots de cette entreprise dans le but de la légitimer, en exhibant à la fois les points d'accord mais aussi les différences éventuelles qui découlent du positionnement respectif de ces deux approches et de leurs fondements épistémologiques.

L'approche instrumentale propose l'étude de l'action organisée à travers l'instrument. Elle s'intéresse à l'impact des instruments sur le développement du sujet en proposant comme unité privilégiée d'analyse l'activité médiatisée par l'instrument. Dans cette approche, le sujet est considéré comme "*capable, pragmatique et agissant*" (Rabardel and Pastré 2005, p3). *Capable* et *agissant*, le sujet interagit avec le monde qui l'entoure. Il mobilise des ressources internes et externes, organise et développe son activité. Mais parce qu'il développe, au sein d'activités constructives, son pouvoir d'agir, il est aussi un sujet en *développement*. Nous situons le tournant *pragmatiste* de l'approche instrumentale dans le fait que c'est au cours de l'activité, dans l'interaction entre les sujets et les instruments qu'une situation se construit. La lecture de l'activité du sujet passe par deux postulats épistémologiques : la nécessité de partir de la compréhension de l'activité et l'irréductibilité du sujet à son activité et à son organisation.

Pour la théorie de l'action didactique conjointe, il s'agit de proposer une description efficiente de l'action. Cette entreprise nécessite de dépasser une approche trop structuraliste, qui postule le calcul d'inférences comme déterminant essentiel de l'action. Dans cette perspective, expliquer les usages passe non pas par la recherche de déter-

45. si nous reprenons ici les termes de *média* et de *milieu* proposés par Chevallard (2007), reste que nous inscrivons cette dialectique *média-milieu* dans un cadre restreint qui est celui des contraintes mésogénétiques, topogénétiques et chronogénétiques de l'action conjointe.

minants de l'action dans le sujet, mais plutôt par la mise en évidence de mécanismes qui les englobent. Ceci suppose de se référer à la situation dans laquelle ces usages sont produits, et d'analyser la relation situation-institution⁴⁶. Ainsi, l'unité d'analyse privilégiée est celle de la relation sujet-milieu.

Ces deux approches s'accordent ainsi sur la place laissée au primat de l'expérience, que ce soit dans la constitution des *jeux transactionnels* ou des *classes de situations*, ainsi que sur la part importante laissée aux sujets et à leurs caractéristiques. Un autre point d'accord réside dans la sensibilité aux contraintes liées à l'environnement, et en particulier aux contraintes institutionnelles dans lesquelles les situations sont immergées.

L'approche de Rabardel propose une analyse structuro-fonctionnelle de l'activité, avec des classes de situation orientées vers l'objet de l'activité et des déterminants structurants de l'action d'un sujet *intentionnel*. La TACD, quant à elle, hypothèque l'idée d'une compréhension de l'action reposant sur la seule analyse causale que l'acteur pourrait en produire et place les déterminants de l'action dans le jeu des relations entre personnes, situation et institution. Si ces deux positions peuvent, *a priori*, apparaître orthogonales⁴⁷, la mobilisation des deux approches que nous proposons veille à ne pas modifier leurs fondements épistémologiques, dans la mesure où la TACD contribue à comprendre les interactions entre un sujet et son environnement lorsque l'approche instrumentale est mobilisée pour appréhender plus largement les situations d'activités instrumentées.

Plus précisément, l'approche instrumentale constitue le cadre macro-didactique de l'étude. Cette approche, articulant instrument et activité, est la garantie de l'abandon d'une analyse technocentrée⁴⁸ au profit d'une analyse anthropocentrée⁴⁹ (Rabardel 1995), privilégiant les relations entre les pôles enseignant, élèves et savoir, comme composantes d'un système *anthropotechnique* contextualisé. Il s'agit pour nous de s'intéresser à l'instrument en fonction du sens que le sujet lui attribue, et non de l'outil catégorisé d'un point de vue uniquement de la technique.

Rabardel situe l'instrument dans un cycle global de conception. Notre choix est de placer l'enseignant au coeur des différentes étapes de ce cycle. Cela permet d'investir différents plans de l'activité instrumentée de l'enseignant, à la fois acteur d'une

46. Pris au sens large

47. Notons ici, pour nuancer ce propos, que les dimensions d'analyse de la TACD (définir/dévoluer/réguler/institutionnaliser) nécessaires à l'établissement et au maintien d'une relation didactique sont susceptibles d'être appréhendées comme des structurations fonctionnelles de l'action professorale.

48. dans laquelle le sujet occupe une position résiduelle, où son activité est pensée en fonction du dispositif technique.

49. dans laquelle le sujet est replacé dans une position centrale depuis laquelle il s'agit d'envisager le rapport entretenu avec le dispositif technique.

conception de l'instrument TBI pour l'usage et dans l'usage⁵⁰.

Le recours à l'approche instrumentale permet d'étudier l'action organisée d'un sujet enseignant à travers les genèses instrumentales de l'outil TBI élaborées pour conduire une action collective dans la classe. L'instrument est appréhendé comme constituant une forme privilégiée d'intervention pour construire de nouvelles capacités d'action, il participe ainsi à la transformation des activités et des organisations.

Nous souhaitons d'abord mobiliser la TACD pour investir les modes de pilotage de cette action collective. Dans une certaine mesure, il s'agit de contribuer à spécifier au didactique les *médiations instrumentales* du modèle proposé par Rabardel. Il s'agit aussi de disposer d'un outillage théorique capable de penser les *orchestrations didactiques*. Parce que le TBI est un outil pensé pour l'enseignant, notre hypothèse est que les orchestrations didactiques ne se réduisent pas à l'assistance des genèses instrumentales des élèves, et sont susceptibles de soutenir le développement de conceptions partagées dans la classe et, plus largement, de soutenir et d'organiser les *transactions didactiques*. Dans la perspective instrumentale qui est la nôtre, l'enseignant développe l'artefact TBI en instrument pour soutenir les différents *jeux d'apprentissage* qui permettent d'asseoir ces conceptions. Il s'agit ainsi d'utiliser la TACD dans un premier temps pour décrire le déroulement "*temporel*" des activités instrumentées de l'enseignant, puis dans un second temps, d'effectuer une réduction structuro-fonctionnelle afin de faire émerger des organisations invariantes de l'activité.

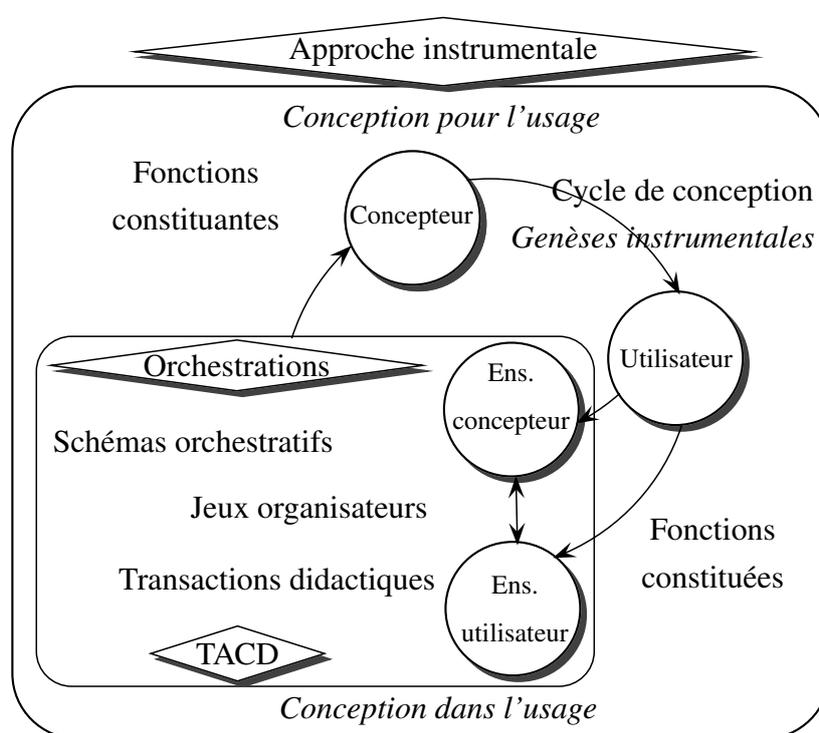
Nous souhaitons aussi mobiliser les outils de la TACD pour investir les intentions didactiques de l'enseignant nécessaire à la compréhension de son activité instrumentée. En particulier, parce que nous faisons l'hypothèse que la construction des ressources par l'enseignant pour l'usage et qui se poursuit dans l'usage, est porteuse des intentions didactiques⁵¹ du professeur, nous mobilisons les outils de la TACD pour investir le lien *préparer le jeu - activité de conception de l'enseignant au sein de l'environnement TBI* dans le but d'affiner le regard de l'influence de l'outil sur les genèses d'usage et plus largement sur les pratiques professorales.

Nous proposons ci-dessous un résumé schématisé de l'approche mise en oeuvre pour étudier les pratiques enseignantes médiées par la technologies TBI. Le cadre de l'approche instrumentale permet la distinction de trois plans de conception, impliquant les concepteurs de l'outil et les enseignants regardés à la fois comme concepteurs et utilisateurs. C'est dans la rencontre de ces trois plans interdépendants que nous

50. Ce choix retenu permet entre autre d'accéder à une certaine forme de complexité en évitant d'aplanir les fonctionnalités de l'outil TBI de ses potentialités pour l'enseignement des mathématiques et de leurs mises en oeuvre.

51. En distinguant les intentions préalables des intentions en action, ces dernières étant regardées comme la combinaison des intentions préalables et du déroulement des jeux de la situation.

appréhendons la complexité du processus global de constitution de l’outil TBI en instrument de travail de l’enseignant. La théorie de l’action didactique conjointe fournit une grille d’investigation des plans de conception dans lesquels l’enseignant est directement impliqué, ceux ancrés dans l’usage. Ce cadre est exploité pour segmenter l’activité de l’enseignant, et cette segmentation est mise à profit pour étudier l’activité instrumentée et les genèses d’usage de l’instrument TBI. En particulier, un outil d’investigation des gestes professionnels instrumentés, élaboré dans l’articulation des deux cadres, est déployé pour soutenir cette étude et plus largement pour penser les différentes orchestrations mises en œuvre.



APPROCHE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

2.4 Méthodologie générale et plan de l'étude

2.4.1 Principales conséquences du choix du cadrage théorique sur la méthodologie générale

Conséquences sur l'examen de l'outil

Le cadre théorique général de l'étude permet de prendre en charge et d'outiller l'idée d'une conception des objets technologiques organisée dès le départ dans un processus de conception. En faisant le choix de situer le TBI dans un cycle de conception partagé entre concepteurs et utilisateurs, nous ouvrons l'accès, du point de vue mé-

thodologique, à un regard renouvelé sur les fonctionnalités de l'outil : ces dernières ne sont pas uniquement regardées comme des fonctions constitutives du dispositif technique, mais aussi comme marqueur partiel de fonctions constituées par les utilisateurs. Ce point de vue adoptée permet de considérer que ce sont les usages (en terme de fonctions constituées par l'utilisateur) qui pilotent en partie les évolutions techniques successives apportées à l'outil par les concepteurs. L'examen des caractéristiques techniques du dispositif et ses évolutions techniques sont dès lors regardées dans notre étude comme des indices de l'expression des besoins et des usages potentiellement constitués des utilisateurs.

Nous avons par ailleurs situé l'usage du TBI comme s'inscrivant dans la maîtrise d'un système d'artefacts imbriqués et mis en relation les uns avec les autres⁵². Dès lors, l'examen des caractéristiques et des évolutions de l'outil se focalise sur un élément central du dispositif en terme de fonctionnalités offertes : le logiciel du TBI.

Conséquences sur l'examen des marges de manoeuvre et des contraintes

Si la perspective théorique de l'étude conduit à l'examen des évolutions technologiques du dispositif, elle permet également la prise en compte de ce que Rabardel dénomme les contraintes liées plus largement à l'environnement et les marges de manoeuvre que ce dernier offre. Dans le cadre de notre étude, ce sont avant tout les marges de manoeuvre institutionnelles que nous considérons et dont nous faisons l'étude, à la fois en terme de système d'attentes institutionnelles porté sur le déploiement de la technologie TBI ainsi qu'en terme de soutien au développement des usages et à la prise en compte de besoins instrumentaux spécifiques liés à ces usages. Ces marges de manoeuvre viennent ainsi compléter les marges de manoeuvre d'ores et déjà identifiées dans l'analyse du dispositif.

Conséquences sur l'examen de l'activité instrumentée des enseignants

Du côté de l'activité de conception des enseignants

L'utilisation du cadrage théorique place la théorie de l'action didactique conjointe et les outils dont elles disposent comme grille d'investigation des plans de conception dans lesquels l'enseignant est directement impliqué, ceux ancrés dans l'usage. Ces plans laissent apparaître deux postures professorales (*l'enseignant utilisateur* et *l'enseignant concepteur* et avec elles deux niveaux dans le processus de conception de l'instrument : l'un plus tourné vers la conception de ressources pour l'enseignement au sein de l'environnement TBI, l'autre plus directement tourné vers l'orchestration de

52. L'usage d'un logiciel tiers s'opérant à travers l'usage du logiciel TBI, lui même en relation avec le système d'exploitation de la machine

l'outil dans la classe, ces deux niveaux étant interdépendants et participant conjointement à l'instrumentalisation de l'outil.

Dans notre hypothèse d'une action didactique conjointe, c'est un processus également conjoint qui, dans une perspective d'enseignement *médié* par la technologie, participe à la constitution des artefacts en instruments. La TACD propose de distinguer trois niveaux de description de l'action conjointe : déterminer le jeu, faire jouer le jeu et construire le jeu. L'*hypothèse* que nous faisons est que si l'action didactique est conjointe, elle l'est relativement à ces trois niveaux de description. L'activité instrumentée du professeur peut être alors analysée relativement à ces trois niveaux. En particulier, le niveau de construction du jeu atteste de l'importance accordée dans la TACD, pour la compréhension des transactions instrumentées, au travail de préparation et aux tâches que l'enseignant choisit pour penser et organiser son enseignement. Cette perspective théorique permet dès lors d'investir le niveau de préparation du jeu à travers l'activité de conception des ressources TBI par l'enseignant et de déployer l'outillage de la TACD pour conduire cette étude. En particulier, la conception de ces ressources répond à des besoins et contraintes (instrumentaux, pédagogiques, didactiques...) et façonne l'architecture fondamentale du jeu. Ils sont interrogés en conséquence à partir de ces besoins et en particulier à partir du triplet génétique méso-chrono-topo, répondant à des besoins didactiques. Les techniques instrumentées sont alors regardées comme une réponse à ces besoins.

Du côté de l'action instrumentée des enseignants dans la classe

La TACD se place également dans une perspective de modélisation de l'action enseignante, structurée en quatre axes : définir, dévoluer, réguler et institutionnaliser. L'hypothèse est faite que ces processus d'action concourent à déterminer la place de l'enseignant et celle de l'élève, le temps d'enseignement et celui de l'apprentissage ainsi que les milieux des situations et les rapports aux objets de ces milieux. Elle permet dès lors de quantifier l'activité instrumentée de l'enseignant et des élèves au sein de ces différents processus d'action et d'examiner comment les orchestrations didactiques s'inscrivent dans ces processus et quelles actions elles soutiennent dans la dynamique des jeux dans la classe.

2.4.2 Plan de l'étude

Première partie de l'étude

Le premier chapitre de cette thèse est consacré à l'étude de la littérature sur le TBI, essentiellement anglo-saxonne. Le choix de se tourner vers cette littérature étrangère s'explique d'une part par l'expérience plus ancienne dont dispose la Grande-Bretagne

dans l'usage des TBI et d'autre part par la volonté récente du paysage éducatif français de s'engager, à l'instar des écoles anglaises, dans une tentative de déploiement soutenu de cette technologie. Ce choix garantit de disposer d'un corpus de données suffisamment dense. L'étude se structure autour de quatre dimensions - les potentialités de l'outil - l'impact des TBI sur les élèves et sur la pratique professionnelle des enseignants - les effets de l'utilisation du TBI sur les apprentissages - la formation professionnelle des enseignants, et rend compte des différentes questions et problématiques successivement soulevées dans la littérature anglo-saxonne. Si elle permet un premier éclairage sur les questions inaugurales de l'étude, cette revue pointe également des différences de contextes entre les deux pays qui doivent rendre prudente toute comparaison. Elle met à jour également un paradoxe résistant en Grande-Bretagne d'un décalage entre les potentialités de l'outil et la réalité des pratiques.

Nous organisons dans le second chapitre l'examen des caractéristiques du dispositif TBI et ses évolutions. Le matériau retenu pour cet examen se porte sur un produit logiciel jouissant d'une certaine antériorité sur le marché, d'une implantation forte et d'une politique d'actualisation soutenue du produit. Ce choix garantit une certaine sophistication du produit et l'étude des évolutions est conduite à travers l'examen de trois mises à jour majeures du logiciel. Cette étude est complétée par un regard posé sur la position institutionnelle d'intégration des TBI. En l'absence de mention de l'usage des TBI dans les instructions officielles, trois matériaux distincts et convergent vers un même but d'investigation de la position institutionnelle sont étudiés :

- l'examen dans les programmes officiels des mentions relatives à l'usage des TUIC, des modalités d'intégration prévues par l'institution et des possibilités que ces modalités d'intégration offrent pour soutenir celle du TBI dans la classe. Cet examen est ensuite étendu à des publications officielles connexes (rapport de l'inspection, etc..) et de façon exhaustive.
- l'étude d'entretiens conduits auprès de trois membres d'inspection (inspecteurs pédagogiques régionaux de mathématiques), choisis dans deux académies différentes et permettant en particulier l'accès au plan académique, aux politiques de soutien en terme de formations déployées localement.
- l'étude des deux bases de données *PrimTice* et *Educ'base* mises en place par l'institution et indexant à ce titre la plus importante base de données de scénarios pédagogiques intégrant l'usage du TBI et validés par l'institution.

Les conclusions de ces premières études que nous interprétons en terme d'éléments de contextes différents, de complexité d'usage de l'outil et de décalage entre les potentialités et les usages effectifs, concourent vers une nouvelle nécessité de l'étude. Celle-ci relève d'une meilleure connaissance des besoins instrumentaux des enseignants de ma-

thématiques. Cela passe nécessairement par l'étude des représentations que peuvent avoir les enseignants de cette technologie, car ce sont bien ces représentations qui vont influencer sur les besoins instrumentaux des enseignants.

Le chapitre suivant de la thèse se consacre entièrement à l'étude de ces représentations. La voie privilégiée de recueil et d'analyse de ces dernières est la voie du quantitatif. La mise en place et l'étude d'une enquête en ligne regroupant plus de 500 répondants est conduite. Deux types de population sont distingués dans cette étude - les utilisateurs de l'outil - les non utilisateurs qui déclarent par ailleurs connaître l'outil. Cette distinction permet de discriminer les besoins instrumentaux liés à des usages prévisionnels de ceux liés à des usages effectifs. Cette étude permet de mettre à jour différents profils d'enseignants dans l'une et l'autre des deux populations. La rencontre entre ces deux populations permet quant à elle de pointer l'existence de différentes dynamiques dans la construction des usages et une certaine diversité dans ces dynamiques (processus d'intégration total de l'outil, processus non aboutis privilégiant certains domaines de savoir au profit d'autres, processus d'intégration avortés...) convoquant des besoins instrumentaux inégaux.

Seconde partie de l'étude

C'est précisément l'étude de ces dynamiques que nous poursuivons dès lors dans la suite des travaux. Si l'étude conduite jusqu'alors s'est centrée sur la capitalisation des besoins instrumentaux liés à l'usage de l'outil, en pensant une conception partagée entre concepteurs et utilisateurs, il s'agit dans la suite de l'étude d'examiner si les projections que nous avons faites sur l'outil, sur les besoins instrumentaux liés à son usage sont une représentation utile de cette technologie. Il s'agit d'examiner plus finement ces dynamiques qui apparaissent régir la construction des usages. Il s'agit de comprendre les contraintes qui pèsent sur ces dynamiques et qui sont susceptibles d'expliquer cette diversité en investissant plus spécifiquement la dimension relative à la conception dans l'usage de l'outil et la réalité de la classe. C'est dès lors le versant plus qualitatif de l'étude qui prend place et qui organise le suivi de six enseignants, choisis dans deux profils d'usagers de l'outil *a priori* contrastés du point de vue des usages et susceptibles de laisser vivre une certaine diversité. Les deux derniers chapitres de la thèse sont consacrés entièrement à l'organisation de ce suivi. Deux temps dans cette organisation sont pensés.

Le premier temps, du côté du déclaratif, est consacré à la mise en place et l'étude d'entretiens des six enseignants suivis. Cette étude complète l'analyse quantitative précédente en examinant ce que révèlent les dynamiques entrevues et leur cohérence. Nous caractérisons dans l'étude de ces entretiens les usages de l'outil et leur évolution

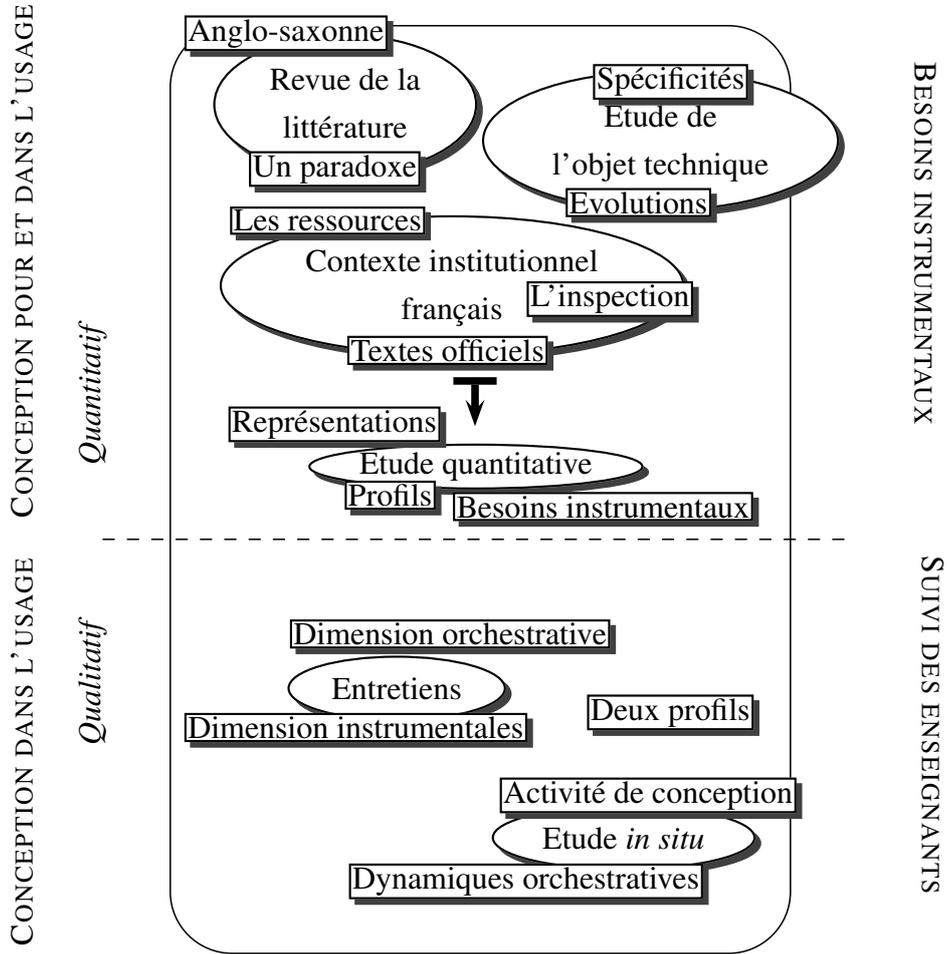
du point de vue de deux dimensions *instrumentale* et *orchestrative*. Ces deux dimensions sont choisies pour interroger plus spécifiquement les problèmes instrumentaux et les potentialités dans la gestion des différents moments d'enseignement révélés dans les chapitres précédents. Il s'agit de repérer dans chacun des profils d'utilisateurs des régularités, des spécificités des usages selon chacune des dimensions et d'interroger leurs liens avec le rapport personnel des enseignants à la technologie TBI. Concernant plus spécifiquement la dimension orchestrative, cette construction prend appui sur le concept d'orchestrations didactiques développé par Drijvers et spécifié aux besoins de l'étude. Les adaptations de ce concept sont détaillées dans la méthodologie spécifique déployée dans l'étude de cette seconde dimension orchestrative.

Le second temps d'organisation du suivi est conduit dans le dernier chapitre de la thèse. Il s'agit dans cette étude d'organiser la confrontation des résultats capitalisés dans les chapitres précédents relevant en partie du déclaratif et concernant à la fois l'outil, son appropriation en un instrument de travail et son inscription dans les dynamiques orchestratives instrumentées, avec le jeu effectif et contraint de la classe, et en se plaçant dans le cadre de la théorie de l'action didactique conjointe.

Nous organisons, en premier lieu dans ce second temps du suivi, l'étude de l'activité de conception des ressources des enseignants, regardée en tant qu'activité de construction du jeu au sein de l'environnement TBI. Les matériaux de l'étude, élaborés par les enseignants au cours de leur travail de préparation, consistent en les fichiers informatiques utilisés lors des séances ainsi que la documentation à destination des élèves. La méthodologie spécifique de cette étude qui organise le questionnement de l'activité de conception en trois temps (étude des jeux possibles du professeur sur l'élève à partir de l'examen de la situation mathématique -confrontation de ces possibles avec l'architecture fondamentale du jeu prévue par l'enseignant - analyse spécifique des techniques instrumentées de conception) est présentée en détail dans le chapitre. En particulier, une grille critériée proposant d'apprécier l'activité de conception à partir de cinq critères est construite.

Le second moment de l'étude du suivi des enseignants organise quant à lui l'étude à l'échelle microscopique : celui des épisodes locaux dans la classe. Huit épisodes sont examinés et permettent l'examen plus fin des décisions prises localement par l'enseignant et relatives à l'usage de l'outil au sein d'une configuration didactique et d'un mode d'exploitation donnés, en réponse à des besoins spécifiques révélés dans la conduite du jeu. Les épisodes retenus concernent l'un et l'autre des profils d'utilisateurs étudiés et sont choisis pour représenter une certaine diversité du point de vue des moments de l'étude concernés, des configurations didactiques explorées et des fonctionnalités de l'outil utilisées.

Nous proposons en guise de clôture de ce chapitre introductif le plan schématisé de l'étude.



Chapitre 3

Revue de la littérature.

Sommaire

3.1	Préambule.	59
3.1.1	Contexte international	59
3.1.2	Transition	62
3.2	Contexte de déploiement des TBI au Royaume-Uni	62
3.3	Etude de la littérature anglo-saxonne	67
3.3.1	Potentialités de la technologie TBI et considérations techniques	68
3.3.2	Vers un changement nécessaire des pratiques	71
3.3.3	Nature de l'interactivité	72
3.3.4	Impact des TBI	77
3.3.5	Formation professionnelle des enseignants	80
3.3.6	Récapitulatif	82
3.4	Contexte de déploiement des TBI en France	84
3.5	Etude de la littérature française	86
3.5.1	Etude d'un rapport sur le TBI à l'école	87
3.5.2	Etude critique du rapport Fourgous	90
3.5.3	Première réserves de la didactique des mathématiques	92
3.6	Regards croisés	92
3.7	Bilan et perspectives	94

3.1 Préambule.

Nous examinons dans ce chapitre le contenu des références bibliographiques sur le sujet. Un examen liminaire de l'intégration du TBI dans une perspective internationale plus large, dépassant le seul point de vue local, nous conduit à prendre en compte, dans ce travail de revue, au delà des seules publications françaises, les travaux publiés en Angleterre. Ce premier examen nous conduit également à considérer les différences de contextes existants entre la France et l'Angleterre dans le dispositif de déploiement de cette technologie. Dans cette revue, nous proposons d'identifier les questionnements et les thèmes soulevés par l'introduction du TBI dans le système éducatif et par son usage par les enseignants de mathématiques. Ce sont à la fois les potentialités de cette technologie, l'impact du TBI sur les pratiques professorales et l'effet sur les apprentissages que nous questionnons. En dressant un premier état des lieux de l'évolution de ces questions, l'objectif poursuivi est de tenter une première avancée sur les questions suivantes :

- Quels enseignements peut-on tirer de l'expérience britannique sur l'expérimentation française en cours ?
- Quelles pratiques se sont développées au delà des premiers usages ? Quelles pratiques ont été abandonnées ? Quelles raisons semblent pouvoir expliquer ces phénomènes ?

3.1.1 Contexte international

A propos de l'évolution récente des TBI, Lee (2010), en s'appuyant sur les résultats du suivi de l'intégration de cette technologie par des équipes enseignants durant deux années dans différents pays (Lee et Winzenried 2006, 2009) souligne la rapidité avec laquelle les enseignants se sont appropriés ces outils. Cette intégration rapide, sans commune mesure avec d'autres technologies numériques plus anciennes, conduit l'auteur à qualifier de *décollage numérique* les transformations observées, l'introduction des TBI dans les établissements étudiés, s'accompagnant à terme par un usage massif de ressources numériques dans les classes. Hesselbein déclare par ailleurs que l'essentiel, pour une organisation s'engageant dans l'usage d'une technologie numérique, n'est pas la pertinence des usages développés mais avant tout leur généralisation (Hesselbein and Goldsmith 2009). Dès lors, c'est la nécessité d'examiner les éléments de contexte du déploiement d'une technologie qui est pointée (les forces politiques qui pèsent sur ce déploiement ou encore les aides financières octroyées...). D'autre part, dans un paysage numérique en mouvement, dans lequel les évolutions technologiques sont en permanence susceptibles de rendre obsolètes les produits tech-

nologiques existants, la nécessité pour la recherche dans ce domaine, de dégager de grandes tendances tout en gardant à l'esprit que les objets technologiques venant enrichir l'environnement de la classe ont un cycle de vie fini, reste une difficulté majeure.

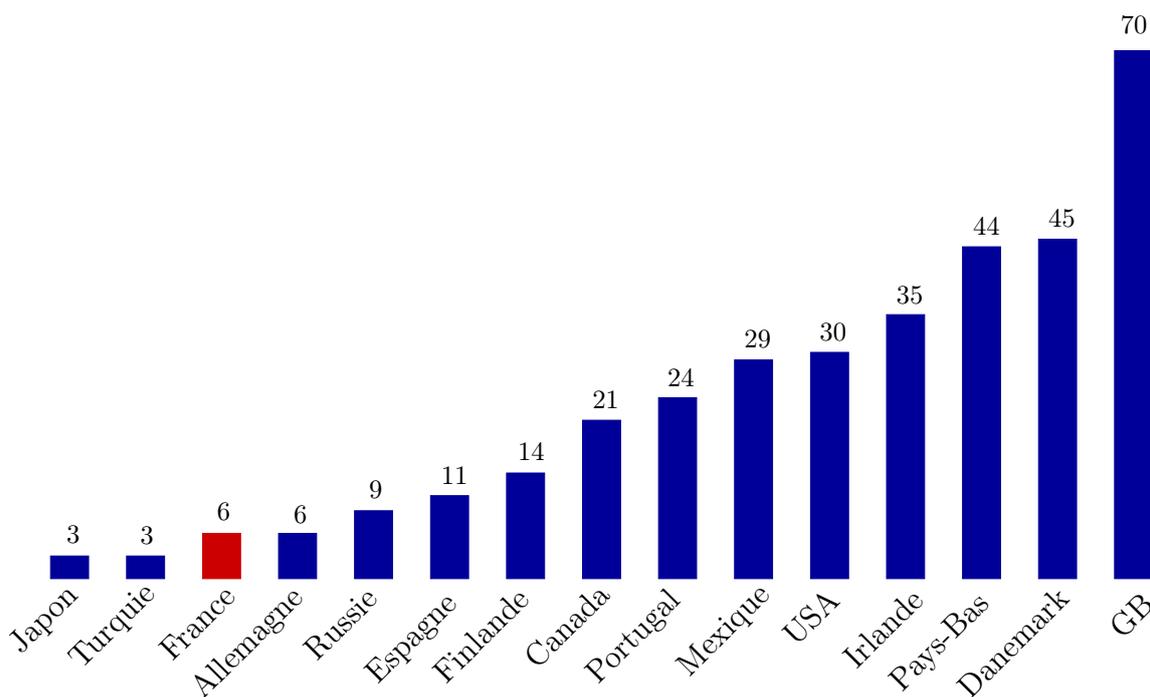
Contexte historique

Lee identifie les années 2002-2003 comme marquant le début d'un tournant dans l'accès massif aux technologies par les enseignants et souligne qu'à cette même période, le coût des vidéoprojecteurs et des TBI atteint un niveau suffisamment bas pour entreprendre d'équiper massivement les établissements scolaires. Si le visage du système éducatif à l'échelle mondiale reste encore actuellement largement marqué par l'usage des tableaux traditionnels, les ventes de TBI, déjà importantes en 2002-2003, ont véritablement augmenté à partir de 2005. Entre 2005 et 2010, ces dernières ont quadruplées à travers le monde, passant de 250000 à un million de TBI (Futuresource Consulting 2010). Malgré cette progression, le taux moyen d'équipement dans le monde reste de 7%. Dès 1984, Naisbitt pointait le fait que toute nouvelle technologie est d'abord utilisée pour tenter de mieux réaliser des tâches anciennes, avant d'envisager de nouveaux usages. La facilité d'accès à cette technologie par les enseignants et les possibilités déclarées des TBI d'assumer les tâches anciennement dévolues aux tableaux traditionnels, sont susceptibles dès lors d'expliquer en partie l'appétence des enseignants pour cette technologie.

Contexte géographique

Dans le paysage éducatif mondial, une tendance à l'équipement de ces nouveaux objets technologiques semble se dessiner dans les pays industrialisés. Cette situation globale laisse cependant apparaître des disparités fortes, une généralisation de l'usage des TBI étant observée dans les pays offrant un soutien financier conséquent doublé de dispositifs d'accompagnement des usagers de l'outil. La Grande Bretagne fait figure d'exemple dans ce domaine, avec plus de 70% des classes équipées en TBI. Ce taux d'équipement demeure nettement supérieur à ceux des autres pays.

POURCENTAGE DE CLASSES ÉQUIPÉES PAR PAYS



Source : Classroom IWB penetration in September 2009, Futuresource Consulting (2010)

Des trajectoires quelque peu différentes entre pays en matière de progression du taux d'équipement en TBI apparaissent. Grâce à un investissement financier important consenti récemment, le Mexique enregistre une forte progression, avec un taux d'équipement de 28%. Ce pays cède pour autant la deuxième place qu'il occupait dans ce même classement l'année précédente, à deux autres pays que sont le Danemark et les Pays-Bas, avec respectivement un taux d'équipement évalué à 40 et 42% atteint cette année à la suite d'efforts financiers tout à fait considérable au cours de l'année 2008. L'Australie, les Etats-Unis et l'Irlande occupent les places suivantes, et affichent un taux d'équipement d'environ 30% des classes, ce malgré des investissements publics plus modestes. Cette tendance est particulièrement marquée dans le cas de l'Irlande, où 90% des fonds attribués en direction de l'équipement en TBI provient de capitaux privés¹. D'autres pays, comparables à ces derniers, affichent des taux d'équipements bien moins élevés, c'est le cas en particulier de la France.

L'hypothèse retenue par les fabricants de TBI pour anticiper les besoins du marché, selon laquelle un taux d'équipement de 3 à 4 % (the "tipping point") d'un pays serait suffisant pour l'engager dans une dynamique de déploiement des TBI, laisse présager d'une augmentation conséquente des TBI dans les prochaines années en particulier en Europe et en Asie.

1. Pour une information plus détaillée, consulter le site : <http://www.siliconrepublic.com/news/article/14075/randd>

3.1.2 Transition

L'expérience acquise par l'Angleterre dans l'usage des tableaux blancs interactifs apparaît sans commune mesure avec la France. Et c'est une littérature foisonnante et diversifiée qui en témoigne. Si la volonté récente du paysage éducatif français semble être celle d'un engagement, à l'instar des écoles anglaises, dans une tentative de déploiement soutenu de la technologie TBI, c'est dans des proportions bien différentes. Notre première intention, qui consistait à ne considérer que les écrits de recherche portant sur notre discipline s'est heurtée à la jeunesse de ce thème, avec un très faible nombre de publications recensé dans la littérature française. Nous avons dès lors pris le parti, en se limitant à des travaux traitant de l'enseignement des mathématiques, d'augmenter le corpus français d'articles publiés dans des revues d'enseignement, dans des actes de colloques, des rapports de contrats, des productions du Ministère de l'Éducation Nationale et plus largement des sites internet.

D'autre part, les recherches dans ce domaine ont été menées dans des contextes particuliers d'introduction du TBI dans les classes britanniques et françaises. Parce qu'ils participent pleinement à la compréhension des questions que nous posons, nous précisons ces différents contextes en amont de chacune des revues.

3.2 Contexte de déploiement des TBI au Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, le développement rapide et soutenu des TBI dans le paysage éducatif est le fruit de la rencontre entre une volonté politique d'impulser des pratiques pédagogiques renouvelées et les potentialités supposées d'une nouvelle technologie qui semblent pouvoir ouvrir et soutenir cette voie du changement.

En 1997, le nouveau gouvernement en place s'engage dans la modernisation du secteur de l'éducation et fournit, à ce titre, des efforts substantiels pour améliorer l'équipement des établissements scolaires en matière de TUIC. Les gouvernements successifs poursuivent dans cette voie. Un équipement informatique minimum est décrété dans chaque établissement et différentes réformes du curriculum invitent fortement au recours aux nouvelles technologies. La maîtrise des TUIC devient un élément indispensable à l'octroi du "*Qualified Teacher Status*"². Afin de faciliter et d'encourager l'usage des TUIC dans l'enseignement, de nombreuses salles informatiques dédiées voient le jour dans les établissements primaires et secondaires. Mais à l'heure des

2. Afin d'être recruté sous contrat pérenne et d'enseigner dans le primaire comme dans le secondaire, tout enseignant britannique doit avoir obtenu le *Qualified Teacher Status* délivré à l'issue d'une formation professionnelle pluridisciplinaire (l'*Initial Teacher Training*).

premiers bilans, l'utilisation de ces dernières s'avère peut efficace. Des difficultés dans le suivi de l'activité des élèves ou encore dans le maintien de l'attention de la classe sont mentionnées. Le travail de préparation des différents postes informatiques qui accompagne la mise en place de telles séances est jugé coûteux. Le travail réalisée dans de telles salles est difficilement réactivé et exploité une fois le retour dans les salles de classe traditionnelles géographiquement distantes. L'inspection, dans un rapport de 2004, (Ofsted 2004) pointe ces différentes difficultés et plaide en faveur d'une redéfinition de l'usage des TUIC qui permettrait de soutenir une approche "*plus intégrée*" des nouvelles technologies dans les pratiques enseignantes. Ces premiers dysfonctionnements exhibés, il devient alors plus simple de mettre en avant les avantages que serait susceptible d'offrir une nouvelle technologie, la technologie TBI, laquelle est alors à la recherche de nouveaux marchés³. Faciles à installer dans les salles de classes traditionnelles, la technologie TBI apparaît ainsi pouvoir offrir une alternative à un usage collectif des TUIC sous le contrôle et la direction de l'enseignant.

De manière concomitante, en réaction aux résultats jugés insuffisants des élèves anglais au cours d'une étude comparative internationale menée en 1999⁴, la réforme de l'éducation engagée par le gouvernement s'emploie à la promotion d'un enseignement basé sur une augmentation des interactions dans la classe (*interactive whole class interaction*). Dans ce but est fondée, en 1998, la *National Literacy Strategy* (NLS), suivi un an plus tard, par la *National Numeracy Strategy* (NMS). Ces stratégies nationales⁵ encouragent les enseignants à fonder leur enseignement sur un *direct teaching and questioning of the class* qui doit être *oral, interactive and lively*. Le mode de travail recommandé est essentiellement frontal, devant la classe entière, avec des pé-

3. Les informations disponibles sur le développement commercial des TBI montrent que leurs déploiements dans l'éducation ne s'est pas fait sans difficulté. La société SMART, qui a été la première à lancer cette technologie note que "*in those early years no one knew about an interactive whiteboard, much less why their might or need one, so sales for smart started slowly ... it took a substantial effort to let people know about product and the benefits that they could enjoy from using them*" (Smart 2004). L'introduction des premiers ordinateurs à écrans tactiles dans le monde de l'éducation, et spécialement dans le supérieur, ne fût pas couronnée de succès. Les premières fonctionnalités exploitées des TBI l'ont été dans des contextes très différents : réunions et management d'équipes dans les entreprises dans lesquelles les TBI sont utilisés comme des flipcharts électroniques - construction collaborative de documents électroniques dans un contexte où ces derniers sont amenés à être partagé et échangé, le déficit consistant alors à trouver un marché susceptible d'exploiter ces différentes potentialités. La possibilité de se connecter à Internet, ouvrant ainsi l'accès à un ensemble de ressources fût un argument supplémentaire dans la conquête du marché de l'éducation.). Faciles à installer dans les salles de classes traditionnelles, la technologie TBI apparaît ainsi pouvoir offrir une alternative à un usage collectif des TUIC sous le contrôle et la direction de l'enseignant.

4. The Third International Mathematics and Science Study montrent des résultats décevants en numération mais également une certaine habileté dans la résolution de problèmes et en géométrie (Mullis and Reynolds 2001)

5. Programmes de développement et d'orientation de l'école, pilotés par le gouvernement britannique.

riodes relativement brèves de travail individuel ou en collaboration qui seront ensuite examinées lors d'une session plénière de réflexion. Se distinguant de méthodes plus traditionalistes, cette approche se veut clairement interactive : *"High-quality direct teaching is oral, interactive and lively. It is not achieved by adopting a simplistic formula of 'drill and practice' and lecturing the class, or by expecting pupils to teach themselves from books. It is a two-way process in which pupils are expected to play an active part by answering questions, contributing points to discussions, and explaining and demonstrating their methods to the class"* p.26 (DfEE 2001)

Smith et al. (2004) mettent à jour à ce sujet l'existence de tensions entre d'une part la conduite de cette approche pédagogie et d'autre part l'exigence d'acquisition de compétences dans les TUIC et d'autonomie dans le travail chez l'élève. Mais quand bien même l'application de ces programmes n'est pas uniforme sur tout le territoire⁶ et révèlent quelques contradictions⁷, ils contribuent à modifier les stratégies d'enseignement dans les classes (Tanner et al. 2005).

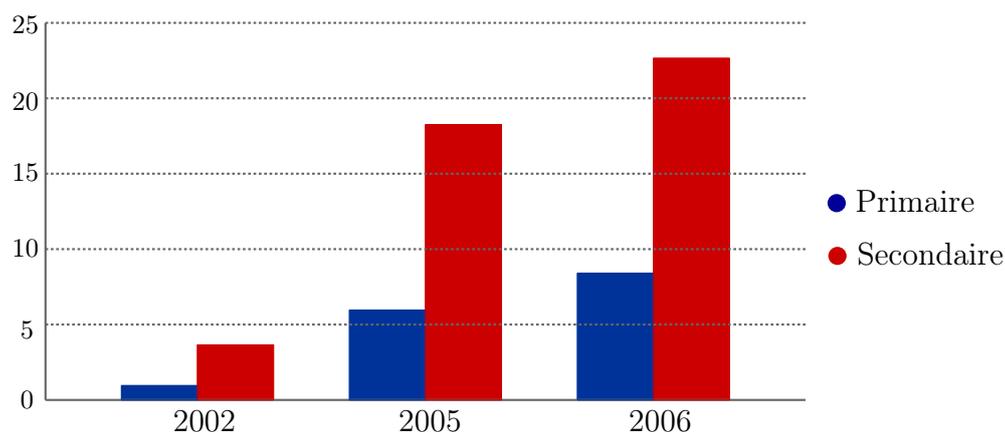
C'est dans ce contexte que The National Strategies approuvent et soutiennent l'introduction des TBI dans les classes. Cette politique volontariste est accompagnée d'un effort financier important, avec approximativement 330 millions de livres sterling investis de 2002 à 2005⁸ (Becta 2006). Cette politique a pour effet une forte croissance du taux d'équipement en TBI des établissements scolaires. Le pourcentage d'écoles primaires équipées d'au moins un TBI passe de 48% en 2003 à 63% en 2004. Ce même taux, dans les établissements secondaires passe de 82% en 2003 à 92% en 2004 pour atteindre 96% l'année suivante (DfEE 2004). Selon le syndicat professionnel, le Besa (Besa 2007), on dénombre 155 400 tableaux blancs interactifs dans le primaire et 93 700 dans le secondaire soit des moyennes respectives de 7,4 et 20,8 par établissement. Les chiffres fournis par le Becta sont encore plus optimistes, et marquent une nette progression dans le déploiement des TBI, notamment dans le secondaire :

TAUX D'ÉQUIPEMENT MOYEN EN TBI PAR ÉTABLISSEMENT

6. Certains établissements, notamment privés, disposent d'une certaine autonomie.

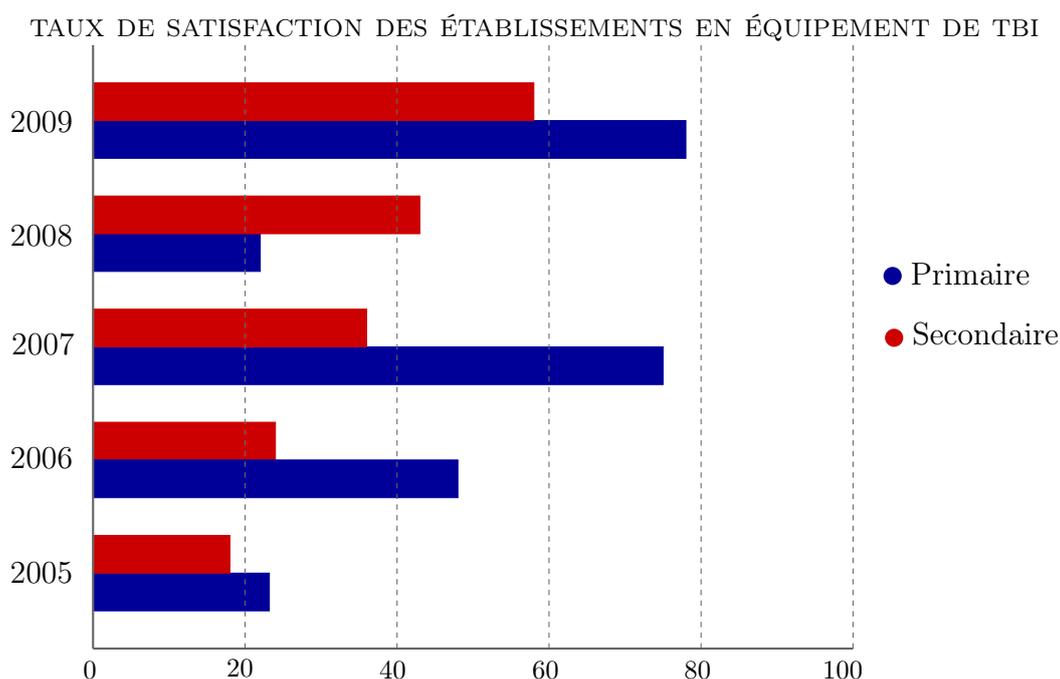
7. Le département de l'éducation (DfEE) souligne dans un rapport de 1999 quelques unes des injonctions contradictoires dans la mise en place de ces nouveaux programmes : "the emphasis on rapid recall of facts, and using pupils errors constructively – time for personal reflection on what has been learnt, and fast, lively interactive teaching" (DfEE 1999)

8. On note différentes opérations d'équipements à grande échelle : au Pays de Galles, l'investissement consenti par *the Welsh Assembly Government*, permet l'installation d'au moins un TBI dans chaque école, ou encore une enveloppe de 10 millions de livres sterling de crédits octroyés en 2003 par *the Primary Schools Whiteboard Project*, à destination des *Local Educational Authorities*, correspondant aux collectivités locales en Angleterre.



Source : *Harnessing Technology in Schools survey* (Kitchen et al. 2007)

Selon le Besa, si en 2005, un quart des écoles primaires jugeait satisfaisant ("well-equipped") leur équipement en TBI, en 2009, ce taux atteint 77%. Dans le secondaire, on est passé de 18% des établissements indiquant être bien dotés par cette technologie à 57% en 2009.

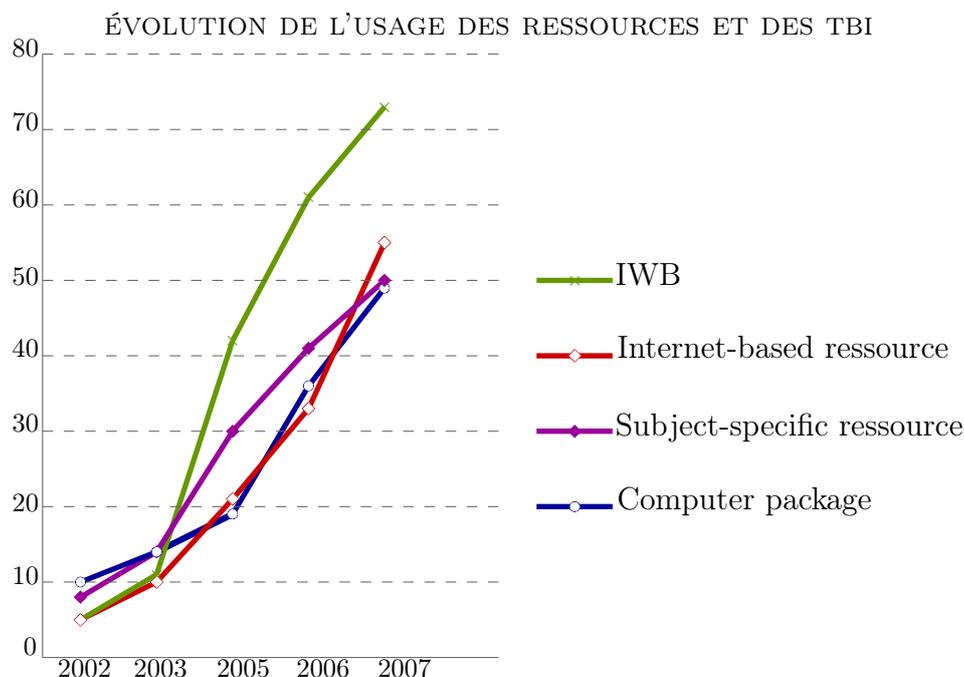


Source : *BESA ICT in UK State Schools 2009 summary report* (Besa 2009)

Notons que parallèlement à ce déploiement massif de TBI, l'agence gouvernementale Becta, a largement soutenue cette initiative en fournissant un ensemble de spécifications et de conseils sur l'achat et l'usage des TBI. Cette même agence a négocié avec les fournisseurs une série d'accords cadres (*national procurement agreements*) offrant aux établissements scolaires les meilleures conditions d'achat possibles pour des matériels, logiciels, prestations de conseil et d'assistance. Le rôle de cette agence,

initialement créée pour généraliser l'usage des TUIC, est devenu essentiel à partir de 2005 pour la mise en œuvre de la *e-strategy*, en développant trois actions : structurer l'offre, donner la possibilité aux établissements d'intégrer cette technologie et encourager l'utilisation. On note par exemple la volonté du Becta de référencer des offres de ressources à destination des enseignants, avec 23 fournisseurs retenus dans la mise en place d'un accord, *the interactive whiteboards framework*, venu à échéance en janvier 2007 ou encore l'existence d'un réseau national, *the National Whiteboard Network*, qui met à la disposition des conseils ainsi que des ressources utilisant le TBI.

La conséquence directe de ce déploiement massif de TBI est qu'avec 70% des classes équipées, l'Angleterre se place loin devant les autres pays qui se sont engagés dans cette voie, avec un taux d'équipement moyen des classes dans le monde de 7%. Cette situation va de pair avec le fait que l'on prête à l'Angleterre d'être le "bon élève" de l'Europe en matière d'usage des TUIC. Elle semble même l'expliquer, à elle seule, largement. D'après le Becta, les niveaux d'utilisation des TUIC en classe ont brusquement augmenté depuis 2002, cette hausse significative se traduisant, toujours d'après le Becta, par l'adoption des TBI dans les classes : *"However, levels of use in schools of ICT resources in lessons has risen sharply since 2002, driven by the adoption and use of interactive whiteboard and whole-class display technologies" - "This sharp rise in the use of ICT resources in the curriculum has been driven to a large extent by the adoption of interactive whiteboard and related technologies"*



Source : Becta 2009

3.3 Etude de la littérature anglo-saxonne

Il existe une littérature anglo-saxonne abondante sur la question des usages des TBI dans l'éducation. Aux côtés d'une littérature de recherche croissante, s'ajoutent de nombreuses publications, que ce soit des comptes rendus d'actions conduits par un enseignant ou un établissement scolaire ou encore des rapports d'évaluation d'agences gouvernementales. La première vague d'implantation de cette technologie a donné lieu à des premiers écrits, majoritairement des études de cas sur la perception qu'ont les élèves et les professeurs de ce nouvel outil. Elles sont souvent conduites par des praticiens acquis à la *cause technologique* dans l'enseignement. A partir de 2003, des rapports gouvernementaux (Becta 2003, 2004, 2005, 2006) viennent augmenter ce premier corpus. Ils recentrent le travail sur l'usage qui est fait des TBI dans les classes et en particulier sur les premiers effets de cette implantation sur les pratiques enseignantes. Durant cette période, le lien supposé entre le modèle d'enseignement promu par le système éducatif britannique et l'interactivité potentiellement offerte par cette technologie est largement questionné. Les travaux les plus récents ont donné lieu à une vague de publications de recherche regroupés dans un numéro spécial de la revue "*Learning, Media and Technology*" publié en 2007 par Kennewell et Higgins. Le constat est alors fait de dépasser un premier questionnement centré sur le caractère fondamentalement bon ou néfaste de cette technologie et de s'engager dans l'examen de questions concernant "*the optimum conditions for effective use, the factors that may support such use, the aspects that may influence future developments, as well as the types of evidence needed that will enable use to implement appropriate changes*" p.1 (Rudd 2007).

C'est un paysage quelque peu contrasté que semblent dépeindre ces dernières recherches. Si cette technologie est susceptible d'améliorer et diversifier les pratiques pédagogiques des enseignants, le risque de voir le rôle du maître renforcé au détriment de l'activité des élèves est souligné. La présence des TBI dans les classes offre la possibilité aux enseignants, notamment grâce à la variété des ressources que cette technologie permet de manipuler, de mieux structurer leur discours et mieux soutenir les échanges dans la classe. Cela n'est cependant pas toujours au profit d'un mieux dans l'environnement d'apprentissage proposé aux élèves. Le rôle de l'enseignant, sa connaissance de l'outil et la façon dont il utilise cet outil sont les facteurs premiers qui conditionnent un usage efficace de cette technologie.

Dans une précédente revue de la littérature (Smith et al. 2005), différentes critiques ont été formulées à l'encontre de certains articles, notamment les plus anciens. Smith (*ibid*) souligne par exemple l'impossibilité de dessiner des inférences claires à propos de l'impact des TBI en avançant différents arguments : d'une part, certaines études

reposent sur des entretiens informels, des enquêtes ou des observations pour lesquels peu d'informations sur les méthodes de recherche ont été fournies, d'autre part, il avance le fait que la distinction entre bénéfices généraux des technologies de présentation multimédia et bénéfices spécifiques du TBI n'est pas toujours bien marquée. Notre but ne consiste pas ici à répondre à cette critique en examinant en profondeur chacune des recherches menées, mais plutôt de compléter et d'actualiser ce travail à la lumière des récentes publications de recherche sur le sujet. Notre but est d'entrevoir les questions soulevées sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques et les différentes tendances qui semblent se dégager dans ces recherches récentes.

Différents aspects seront examinés dans cette revue, dictés par le souci de rendre compte dans la mesure du possible des différentes questions et problématiques successivement soulevées dans la littérature : les potentialités de la technologie TBI, l'impact des TBI sur les élèves et sur la pratique professionnelle des enseignants, les effets de l'utilisation du TBI sur les apprentissages ainsi que la formation professionnelle des enseignants.

3.3.1 Potentialités de la technologie TBI et considérations techniques

La technologie TBI est une technologie duale, initialement développée pour les besoins de présentation dans les entreprises. Pour ce qui concerne l'éducation, elle semble avoir été utilisée d'abord dans l'enseignement supérieur (Murphy et al. 1995; Stephens 2000), puis dans les écoles primaires à la fin des années 90 (Moseley et al. 1999).

Si la plupart des premiers écrits (voir par exemple Greiffenhagen 2000) se contentent d'une description technique de l'outil, répondant ainsi à un premier besoin d'information et de découverte de cette nouvelle technologie, d'autres, plus récents, à l'instar d'Hennessy et al. (2007), complètent cette approche en fléchant certaines fonctions d'usages : *Interactive Whiteboard systems comprise a computer linked to a data projector and a large touch-sensitive board displaying the projected image; they allow direct input via finger or stylus so that objects can be easily moved around the board or transformed by teacher or students. They offer the significant advantage of one being able to annotate directly onto a projected display and to save the annotations for re-use or printing. The software can also instantly convert handwriting to more legible typed text and it allows users to hide and later reveal objects. Like the computer + data projector alone, it can be used with remote input and peripheral devices, including a visualiser or flexible camera (e.g. to display and annotate pupils' paper-based*

work or experimental results), slates or tablet PCs" p285.

De nombreuses potentialités, mettant l'accent sur la visualisation et des procédures monstratives comme moyen d'apprentissage et d'approche de concepts, sont signalées dans la littérature, notamment la plus ancienne. La possibilité de présenter les fonctionnalités d'un logiciel à la classe est pointée (Levy 2002). Edwards et al. (2002) soulignent que l'utilisation conjointe des fonctionnalités d'animation et de surbrillance du logiciel permettent d'illustrer à profit l'enseignement de thèmes comme les fractions ou encore les transformations du plan. La technologie TBI y est identifiée comme un moyen permettant au professeur de disposer d'une large gamme de ressources multimédia pour soutenir son enseignement : textes, images, vidéos, sons, diagrammes, site web (Ekhami 2002; Johnson 2002; Levy 2002). Les ressources sont jugées plus attractives à la fois pour les enseignants et les élèves (Ball 2003; Kennewell 2004). Cet outil permet de conduire efficacement des démonstrations (Stephens 2000), ou encore de proposer différentes représentations d'un même objet (Kennewell and Beauchamp 2003a). Edwards et al. (2002) voit dans les jeux éducatifs interactifs des ressources potentiellement intéressantes. Il indique à cet effet que *"not only did pupils thoroughly enjoy this program but they began to hone their responses to indicate more accurate decision-making and less guessing"* Edwards et al. 2002 p.31

La technologie TBI est décrite comme particulièrement adaptée à un enseignement de type frontal (Glover and Miller 2001; Kennewell 2001). Pour Steve Kennewell, cette dernière caractéristique explique l'adhésion rapide des enseignants dont a bénéficié le TBI en comparaison avec d'autres technologies moins enclines à s'intégrer dans cette pédagogie, laquelle, ajoute-t-il, est soutenue par le système éducatif britannique. L'utilisation de ressources sélectionnées et préparées en amont permet une plus grande réactivité de l'enseignant face au questionnement des élèves (Latham 2002) et une grande disponibilité en réduisant la nécessité d'écrire sur le tableau (Miller 2003). La possibilité d'enregistrer et de réutiliser des ressources créées et annotées peut faciliter les liens entre différentes séances d'enseignement (Glover and Miller 2002; Walker 2002) ou encore servir de matériaux pour des séances de renforcement (Glover and Miller 2005; Dillenbourg and Traum 2006). Parce que la prise en main du TBI est relativement aisée, cet outil constitue une voie d'accès privilégiée à l'intégration des TUIC par les enseignants dans leur enseignement (Smith et al. 2005). L'étude menée sur les usages du tableau noir d'enseignants de mathématiques du secondaire conduit Greiffenhagen (2002) à remarquer que ces derniers pointent régulièrement le tableau pour faire référence à un objet ou une image affichés sur celui-ci et que ces objets deviennent ainsi le centre premier d'intérêt autour duquel se construit la leçon. Il identifie cet acte et le discours enseignant qui l'accompagne comme une res-

source intermédiaire, en comparaison avec l'objet ou l'image elle-même, assimilés à une ressource permanente. Grieffenhagen (*ibid*) suggère alors que, quand bien même ces ressources intermédiaires disparaissent et donc peuvent échapper à l'attention des élèves, l'usage du TBI et les possibilités qu'il offre de garder une trace des éléments du discours de l'enseignant et des élèves (c'est-à-dire des ressources intermédiaires) à l'aide des outils d'annotation et de mise en surbrillance d'éléments des ressources permanentes peuvent permettre de mieux rendre compte des idées diffusées au fil de la leçon et *in fine* d'améliorer la compréhension des élèves. En passant en revue les ressources TBI utilisées par une centaine d'enseignants, Cuthell (2003) note que les TBI peuvent convenir à différents styles d'enseignement. Kennewell and Beauchamp (2007) soulignent la capacité de cette technologie à s'adapter à un public hétérogène aux attentes et aux besoins variés, notamment à travers la variété des outils proposés pour présenter un concept ou une idée.

Concernant l'investissement nécessaire des enseignants pour la mise en oeuvre d'une utilisation plus que marginale du TBI dans leurs classes, la majeure partie des professeurs observés ou interviewés dans le cadre des études de Higgins et al. (2005) et de Moss et al. (2007) soulignent un investissement majeur en temps et en énergie de leur part durant les deux premières années de l'implantation de cet outil. Cet investissement correspond essentiellement au développement de matériels et de ressources adaptés aux besoins spécifiques de l'enseignant et utiles au regard du curriculum. Cependant, les possibilités d'enregistrement et de partage des ressources peuvent réduire la charge de travail de préparation (Lee and Boyle 2003). Un des enseignants suivi par Levy (2002) juge le temps passé en préparation comme "*an investment – putting in the time [at school] and at home – all those ressources that I prepared this year are now still there – I believe my work will be a lot easier from now onwards*". Des pratiques d'échange de ressources TBI sur le réseau intranet des établissements sont mentionnés par Boyle (2002) et Kennewell (2004).

Quelques critiques à l'encontre de cette technologie sont formulées. Le coût élevé des TBI est souligné comparativement à d'autres outils de présentation assistée par ordinateur qui pourraient assumer, en partie au moins, les tâches dévolues à cette nouvelle technologie. Des problèmes de maintenance sont soulignés (Brown 2004; Smith et al. 2005), notamment pour des solutions mobiles. Ces dernières souffrent d'un besoin récurrent de re-calibrage (Levy 2002). La généralisation des TBI est également vue comme problématique pour les enseignants peu enclins à l'usage de ce nouveau matériel. Des études conduites par Tameside (2003), Bell (2001), Miller et al. (2008) et Smith (2001) mettent à jour des problèmes de visibilité du tableau, avec des effets de contre-jour ainsi qu'un câblage parfois hasardeux des différents périphériques rendant

difficile la circulation dans la classe. Ceci étant, l'installation de matériels fixes dans les classes permet de minimiser de tels problèmes. Certains utilisateurs décrivent des problèmes minimes mais récurrents qui peuvent conduire à des dysfonctionnements, dont seul l'accès à un support technique approprié permet de résoudre (Miller et al. 2008), nécessitant ainsi des compétences techniques à penser en terme de formation professionnelle des enseignants (Selwood and Pilkington 2005; Miller et al. 2008). En examinant les réactions des élèves devant une présentation conduite avec un TBI, Wall et al. (2005) notent une certaine frustration des apprenants lorsque des problèmes techniques apparaissent ou encore lorsque seul le professeur à la main sur l'outil.

Concernant l'adoption de cette technologie par les enseignants, Glover et Miller (2003, 2005) ont montré que celle-ci n'est pas seulement conditionnée par l'attitude des enseignants à l'égard du changement et de la nouveauté, mais dépend également de l'investissement que chacun, l'équipe enseignante comme l'équipe de direction, est prêt à consentir. A ce sujet, Glover and Coleman (2005) ajoutent que les établissements les mieux prédisposés sont ceux dans lesquelles l'usage des TUIC est une pratique routinisée.

3.3.2 Vers un changement nécessaire des pratiques

De nombreuses recherches conduites sur les usages du TBI, notamment les plus récentes, s'accordent sur la nécessité d'opérer un changement dans les pratiques enseignantes, et de passer d'une pédagogie transmissive dans laquelle le rôle du TBI est cantonné à un support visuel, à une intégration de l'outil dans un style pédagogique basé sur plus d'interactions entre les apprenants et l'enseignant (Cuthell 2004; Miller et al. 2005; Miller et al. 2005). Miller et al. (2004, Miller et al. (2008) notent qu'une utilisation "*efficace*" de l'outil nécessite des leçons planifiées, ponctuées d'apprentissages conceptuels, rythmées dans des activités et des examens cognitifs, toute leçon offrant l'opportunité d'usages différents du TBI. Mais si la recherche s'accorde sur la nécessité d'un changement pour améliorer l'enseignement médié par cette technologie, la question de savoir quel type de changements opérer est posée. Cuthell (2003) fait le constat que les transformations observées dans les pratiques ne sont pas toujours celles attendues et poursuit ainsi : "*the dichotomy then, is between, those teachers who fell that learning is interactive and has been transformed, and outside observers, who cannot see much transformation or interactivity. It should be borne in mind that these teachers are making comparaisons in the context of working with a prescriptive curriculum, and that the IWBs provide them with the ways in which to be creative, make teaching more effective and learning more fun (p12)*". Miller et al.

(2008) notent que malgré de nombreux TBI présents dans les classes de mathématiques anglaises, l'usage le plus répandu reste celui d'un outil d'exposition de contenu. Il cite l'exemple d'une utilisation du TBI s'apparentant à celui d'un manuel scolaire et des enseignants plus préoccupés par les potentialités monstratives de l'outil. Cet état de fait alimente la critique de nombreux observateurs qui jugent cette technologie coûteuse et sous-utilisée. Kennewell (2001) suggère que pour dépasser cette situation, une utilisation régulière par les élèves de l'outil est nécessaire. D'autres recherches mettent l'accent sur la nécessaire prise de conscience par les enseignants de la nature des interactions offertes par l'outil et de leurs implications pédagogiques. L'examen de nombreuses publications ventant les usages de cette technologie conduit Smith et al. (2005) à formuler la réserve suivante : "*such technology should be used in unique and creative ways above and beyond that which is possible when teaching with normal whiteboards and projection methods*" (p.99). Cuthell (2003), en s'appuyant sur de nombreuses études de cas, note que les enseignants sont plus à même de dépasser leur premières pratiques et de s'engager dans une utilisation plus efficace de l'outil lorsque l'implantation de celui-ci dans les classes a fait l'objet de concertations des équipes éducatives, et d'une première initiation à ces différents usages. Mais si la maîtrise technique de l'outil semble être un préalable à l'émergence de nouveaux usages, Reedy (2008) note cependant, en s'appuyant sur une étude conduite sur la construction de ressources TBI à l'aide du logiciel PowerPoint, que l'usage de ce seul logiciel encourage les enseignants à développer des présentations calquées sur celles présentes dans les ouvrages scolaires. Ces ressources inhibent ainsi les autres potentialités de l'outil. Il rejoint le constat fait par Miller et al. (2004) et Higgins et al. (2005) quelques années auparavant.

3.3.3 Nature de l'interactivité

A mesure que le TBI devient un artefact banalisé dans les classes britanniques, la recherche centre son questionnement sur l'examen du processus de développement des pratiques enseignantes liées à l'usage du TBI. Elle se focalise notamment sur le potentiel de changement de pratiques pédagogiques. En s'appuyant sur différentes publications dans lesquelles le mot *interactivité* recouvre plusieurs acceptions, Smith et al. (2005), afin de mieux rendre compte des situations d'enseignement intégrant l'usage de l'outil TBI, propose de préciser ce concept dans deux dimensions indépendantes : interactivité *technique* et interactivité *pédagogique*. Les enseignants peuvent en effet d'une part, utiliser les fonctions du TBI pour interagir avec le tableau, les élèves étant alors en position de "*spectateurs*", d'autre part, la conduite de la classe peut être soutenue par des interactions entre l'enseignant et les élèves ou encore entre deux groupes

d'élèves, le TBI étant relégué à un rôle "*passif*" d'exposition. Parvenir à combiner ces deux dimensions d'interactivité dans son enseignement demande au professeur un temps long, ce processus débutant souvent par une première phase d'usage du TBI dans laquelle l'enseignant reproduit des ressources pédagogiques traditionnelles (Beauchamp 2004). Cuthell (2005a, 2005b) proposent de distinguer quatre étapes pour approcher un enseignement plus interactif : "*ostensiveness*", étape dans laquelle le TBI sert à la constitution d'images mentales chez l'apprenant - le recours à des ressources plus attrayantes, tels que des jeux ou d'autres éléments ludiques plus proches des affinités des élèves - la construction et la visualisation de concepts portés par des outils du TBI tels que l'annotation, la mise en couleur ou encore le déplacement d'objets, dans des séquences d'enseignement structurées et progressives - et une dernière étape dénommée "*bricolage*", caractérisée par la capacité des enseignants à réfléchir de manière créative sur la manière d'utiliser l'ensemble des ressources mis à disposition. Cependant, un tel changement nécessite de la part des enseignants une réflexion de fond sur la façon dont ils mettent en œuvre leur enseignement. Les changements d'approche pédagogique opérés par certains enseignants durant l'étude menée par Miller et al. (2005) sur deux années conduisent les chercheurs à conceptualiser trois stades de développement dans la construction d'une utilisation efficace du TBI :

- *Supported didactic* : cette approche est caractérisée par un usage du TBI comme simple support visuel. La position magistrale de l'enseignant est renforcée au détriment des interactions entre élèves et professeur. Il est également noté que cette phase débute souvent par l'utilisation de logiciels connus par les enseignants, tels qu'un logiciel de présentation (PowerPoint) ou encore un tableur (Excel)
- *Interactive* : dans cette approche, le TBI est utilisé comme moyen d'incorporer une variété d'éléments visuels et esthétiques dans le cours, pour soutenir les échanges dans la classe. Pendant cette phase, les enseignants commencent à développer un certain degré d'expertise technique dans l'utilisation du TBI. Une réflexion émerge sur les potentialités de l'usage de logiciels connus (PowerPoint, Excel...) dans ce nouvel environnement technologique que constitue le logiciel du TBI. Le TBI devient ici l'élément central qui focalise l'attention des élèves, et reste souvent utilisé pour illustrer des concepts. Ces moments d'utilisation des TBI sont souvent couplés, dans la stratégie d'enseignement du professeur, par des moments d'apprentissage traditionnel, en l'absence du TBI, pour assurer la compréhension des élèves, ce phénomène témoignant du manque de confiance accordé par les enseignants dans ce nouvel environnement technologique pour assurer pleinement l'apprentissage des élèves.

- *Enhanced interactive* : cette approche est une étape supplémentaire dans l'appropriation de la technologie. L'enseignant cherche à utiliser cette technologie comme partie intégrante d'une majorité de ses cours et comme soutien à l'apprentissage des élèves dans une voie qui exploite les interactions entre élèves, professeur et TBI. Le TBI est alors utilisé comme moyen d'augmenter les échanges dans la classe.

Glover et al. (2005) et Smith et al. (2006) font état d'une certaine résistance de la part des enseignants à utiliser cette technologie autrement que comme moyen de projection de manuels scolaires traditionnels, ce qui a pour conséquence la perte de motivation chez l'apprenant et inhibe *in fine* tout potentiel de changement dans les pratiques. Bayliss and Collins (2007) et Miller et al. (2008) notent qu'un certain nombre d'associations professionnelles de l'enseignement mettent en garde contre ce danger potentiel. Elles appellent à une formation professionnelle des enseignants qui doit soutenir les usages de cette technologie.

De nombreuses publications montrent que les enseignants sont à même d'interroger et de modifier leurs pratiques à partir du moment où ils ont acquis un certain degré de confiance dans l'usage de l'outil et développé une certaine forme d'expertise dans son maniement. Becta (2003, 2004) et Beeland (2002) identifient ces moments et les baptisent *Eureka moments*. Cependant, Miller and Glover (2007) notent que ce processus de développement peut prendre un temps relativement long suivant les individus. Ils ajoutent que certains enseignants ne s'engageront pas nécessairement dans une telle démarche. Hennessy et al. (2007) développent l'idée d'enseignants experts ayant intégrés pleinement cette technologie dans leurs pratiques, et l'utilisant pour mettre en place des défis, construire des représentations, faciliter la mise en débat et le questionnement dans la classe, prendre appui sur les idées formulées par les élèves pour les intégrer dans une présentation plus formelle du concept visé, et ainsi encourager la prise d'initiative des apprenants. Jones and Tanner (2002) soulignent que la modification de l'usage du TBI vers plus d'interactions entre les apprenants nécessite de la part du professeur de mieux diriger et mieux s'adapter aux réponses des élèves afin de faciliter les échanges. Miller et al. (2008) développe et formalise ceci à travers la notion "*at the board, on the desk, in the head*" dans le cadre du projet *Enabling enhanced mathematics teaching with interactive whiteboards*, sur l'enseignement des mathématiques au collège et au lycée qu'il résume ainsi : "an interactive way of working with the IWB so that all lesson activities are integrated into an interactive (rather than a didactic or presentational) whole and orchestrated/ facilitated using the IWB software as the means of storing and organising all the electronic resources for the lesson... A typical lesson will have pupils interacting with the teacher, the

IWB and with each other". Les auteurs notent dans leur rapport de recherche que *"l'analyse des premières séquences vidéos (d'usage du TBI en classe) a montré que la plupart des enseignants se limitaient à poser des questions factuelles aux élèves"*. Le but des chercheurs consiste à conduire les enseignants à poser plus de questions d'analyse, de synthèse et d'évaluation, afin d'induire un traitement plus approfondi de l'information par les élèves. La méthode se base sur l'idée de réaliser un cycle d'activités d'apprentissage. L'enseignant peut commencer soit par une présentation au TBI (at the board), soit par un exercice (on the desk), soit par la discussion d'un concept, idée ou objectif d'apprentissage (in the head). L'important est que, dans chaque activité, l'élève soit stimulé à réfléchir sur des questions, par exemple, interpréter des équations algébriques, manipuler des données en lien avec les équations (tableaux, images), mettre un problème en équation, etc... Cette méthode (on the desk, at the board, in the head) permet de réfléchir à la manière dont les informations peuvent être traitées dans ces trois lieux :

- On the desk : pour une tâche donnée, quelle activité particulière les élèves entreprennent-ils sur leur table ? avec quel matériel ?
- At the board : quelle partie de cette activité (ou une activité spécifique dérivée de celle sur table) peut-elle préférentiellement se dérouler sur le tableau (TBI) ? pour quelles raisons ? à partir de quelles données provenant de la table ?
- In the head : à propos des deux activités précédentes, quelles activités (cognitives, cette fois) des élèves ont-elles été favorisées ?

Pour cela l'enseignant dispose de ressources à utiliser sur le TBI et d'instructions lui montrant comment ces ressources peuvent être utilisées (par exemple, comment amener les élèves à interpréter les expressions algébriques, quels types de question poser, à quel moment, etc...). Ces ressources sont disponibles dans le portail du projet. Des recommandations sont alors faites : *"there is a need for a further range of IWB resources to be developed that reflect the nature of interactivity. These materials should be developed to offer, for example, practical activities together with a variety of interesting, enthusing and/or inspirational starting points with indications of the way in which they might be used, and include direct links to further internet sources and the New Mathematics Curriculum for 2008 onward"*.

Ces idées s'inscrivent dans la continuité des travaux de Ernest (1998) sur le développement d'approches pédagogiques basées sur plus d'interactions. Ces travaux proposent une première typologie du rôle de l'enseignant. Ce dernier est successivement *instructeur* lorsqu'il s'emploie à l'exposition d'un concept à travers un ensemble de règles, suivi d'une mise en application directe de ces dernières - *facilitateur* lorsque son approche tend à améliorer la compréhension des apprenants - et un dernier ni-

veau, l'enseignant *médiateur* qui fait le pont entre la compréhension d'un concept et la construction de compétences et d'habileté dans la mise en oeuvre de ce concept. Miller et al. (2005) suggère que la construction d'une expertise dans l'usage de l'outil TBI se traduit chez le professeur par une plus grande dextérité dans l'utilisation de fonctionnalités telles que le drag an drop, hide and reveal...Cet usage participe à la construction d'une posture de médiateur chez l'enseignant.

Somekh et al. (2007) se penche sur le rôle du TBI dans la médiation de l'interactivité en classe. S'inspirant de la théorie Vygotskienne de l'activité (1978, 1986), ils définissent le TBI comme un "*artefact de médiation*", qui sert à la communication et à l'apprentissage au sein d'une communauté dont l'objectif est d'arriver collectivement à des significations partagées. Le TBI permettrait ainsi à l'enseignant et aux élèves de partager certaines connaissances, à la manière des notes manuscrites qui servent aux équipes d'infirmières comme support pour discuter les cas des patients et prendre des décisions. Ces notes, écrivent les chercheurs, permettent aux infirmières novices d'apprendre comment attribuer un ordre de priorité aux patients et comment communiquer clairement des informations à toute l'équipe. Elles se définissent ainsi comme un artefact de médiation de la communication (au sein de l'équipe) et de l'apprentissage (pour les infirmières novices), tout comme le TBI pourrait l'être dans la salle de classe. Les chercheurs illustrent ce principe à l'aide d'une séance de mathématiques conduite en classe de CM2 dont l'objectif est d'apprendre à mesurer et organiser une série de données numériques. Pour cela, l'enseignant utilise un cédérom qui présente trois personnages pouvant être commandés à partir du TBI pour marcher, courir et réaliser d'autres exercices physiques. Leurs battements cardiaques sont affichés au tableau au fur et à mesure que les paramètres de l'exercice changent. L'enseignant commence par demander aux élèves de venir au tableau pour décider quel personnage utiliser et pour le faire marcher. Une fois l'activité lancée, un assistant de l'enseignant note sur un tableau blanc classique les valeurs des battements affichées sur le TBI, ce qui aide les élèves à visualiser l'ensemble des données. Les niveaux d'interaction pendant la séance sont nombreux et variés selon les chercheurs. L'enseignant fait preuve d'une bonne maîtrise technique du TBI et aussi du contenu. Mais le plus important est qu'il n'occupe pas le devant de la scène tout le temps. Il sait se mettre parfois en retrait pour laisser intervenir les élèves. Même lorsqu'il n'est pas devant le tableau, l'enseignant explique, sollicite les élèves et les aide à accomplir certaines tâches. L'attention des élèves est souvent tournée vers le TBI, mais le tableau est un support de la médiation et non pas un élément de distraction. Tel est son rôle d'artefact de médiation.

Structurer et animer un questionnement est une condition première pour soutenir

les interactions dans la classe et exige de la part de l'enseignant et de ses élèves de s'investir pleinement dans une approche dialogique. Alexander (2008) définit cette approche comme "*the power of talk to stimulate and extend childrens' thinking, learning and understandin*". Basée sur les travaux de Barnes (1976) et stimulés par les idées de Vygotsky, les partisans de cette approche opposent à un discours stylistique, largement répandu dans les salles de classe, et dans lequel le locuteur s'efforce avant tout d'adapter le registre de langue, le contenu et la forme de ses propos aux besoins du public, une autre forme de discours, exploratoire⁹, hésitant et incomplet parce qu'il permet au locuteur de tester des idées, de voir les réactions qu'elles suscitent chez les autres et d'organiser des informations et des idées selon plusieurs schémas différents, qui seul peut permettre aux apprenants de comprendre et d'assimiler le contenu de l'apprentissage.

A l'issue d'une étude comparative à grande échelle menée dans les établissements d'enseignement primaire et secondaire en Angleterre, aux Etats-Unis, en France, en Inde et en Russie, Alexander (2000) a établi que c'est la nature du discours et non son cadre organisationnel, qui détermine le type d'apprentissage auquel conduit ce discours. Ainsi, pour cet auteur, un enseignement fondé sur le dialogue est : *collectif* - les enseignants et les élèves abordent les tâches pédagogiques ensemble, au sein de groupes ou de classes - *réciproque* - les enseignants et les élèves s'écoutent mutuellement, partagent des idées et envisagent d'autres points de vue possibles - *encourageant* - les élèves énoncent leurs idées librement, sans avoir peur de donner de mauvaises réponses, ils s'aident mutuellement pour parvenir à des conceptions communes - *cumulatif* - les enseignants et les élèves développent leurs propres idées et celles des autres et les associent pour créer des axes de pensée et des pistes de réflexion cohérentes - *planifié* - les enseignants planifient et dirigent les discussions de classe en vue d'atteindre des objectifs éducatifs spécifiques. (Alexander 2008).

3.3.4 Impact des TBI

Aux côtés des recherches sur l'interactivité et les pratiques enseignantes, de nombreuses études se sont intéressées à la question de l'impact de cet outil sur l'appren-

9. Selon Barnes, le discours exploratoire permet de créer une interaction entre les "connaissances scolaires" et les "connaissances actionnelles". Les connaissances scolaires sont des connaissances qui nous sont présentées par quelqu'un d'autre. Nous les comprenons en partie - suffisamment pour répondre aux questions de l'enseignant, pour faire des exercices ou pour répondre aux questions posées lors d'un examen, mais elles n'en restent pas moins les connaissances de quelqu'un d'autres, pas les nôtres. Si nous ne nous en servons pas, il est probable que nous les oublierons. En revanche, si nous utilisons ces connaissances à des fins personnelles, nous commençons à les intégrer à notre propre perception du monde, et à faire appel à une partie d'entre elles pour faire face à des situations de la vie quotidienne. Une fois que ces connaissances sont intégrées à notre perception du monde qui conditionne nos actions, elles deviennent des connaissances actionnelles

tissage des élèves, et ce à différentes échelles, allant de l'étude de cas d'une classe donnée jusqu'à des travaux portant sur plusieurs milliers d'élèves. De manière générale, si le gouvernement britannique s'emploie à démontrer que le déploiement de cette technologie est bénéfique, les preuves sont difficiles à réunir et se heurtent à d'importants problèmes méthodologiques.

Les recherches menées arrivent à un nombre limité de constats que confirment les principales méta-analyses publiées récemment (Higgins et al. 2005; Higgins et al. 2007; Moss et al. 2007). L'impact principal du recours à ce type de matériel du côté des élèves s'avère être le soutien à la motivation et à la capacité de maintenir une attention soutenue, notamment à cause de l'effet "grand écran".

Roythorne (2006) et Greenfield (2006) soulignent que l'usage de flipcharts électroniques, de programmes informatiques ou encore l'accès à internet, que cette technologie offre, sont des facteurs qui améliorent la motivation et à travers cela, la compréhension des élèves. Si Beeland (2002) relève des appréciations très positives portées tant par les enseignants que par les élèves, il insiste sur le fait que la relation entre motivation et effet sur l'apprentissage reste à explorer. Il est difficile d'affirmer qu'il existe un impact significativement positif du TBI sur les performances des élèves dans la mesure où il ne semble pas exister de réelles preuves quant à la pérennité des apprentissages. Une étude de grande ampleur (Higgins et al. 2005) a été menée en 2003. Développée sur deux années, cette étude reposait sur la participation de 67 écoles primaires de six académies. Ces écoles pilotes ont été dotées de TBI installés dans les classes équivalentes à nos cours moyens de première et deuxième années. Dans cette même étude, 55 écoles non dotées de TBI ont servi de groupe contrôle pour l'évaluation de la performance des élèves. Les chercheurs ont observé les scores moyens obtenus à des tests nationaux notamment en mathématiques et en sciences par 67 élèves issus des écoles pilotes et 55 élèves des écoles-contrôle. Concernant les scores obtenus, les analyses préliminaires ne montraient aucune différence significative entre les établissements avant l'installation des TBI dans les écoles pilotes. Si les résultats obtenus la première année de l'étude montraient une meilleure performance dans les écoles pilotes, il est apparu à la fin des deux années qu'il n'y avait pas de différence significative mesurée, la légère amélioration observée en 2002-2003 ne s'étant pas confirmée en 2004. Smith et al. (2006) s'appuie sur l'observation de 184 leçons et conclut sur l'absence de hausse significative de la performance des élèves. Une étude similaire conduite par Shaw (2006) dans 122 écoles primaires conduit aux mêmes résultats.

L'étude conduite par Miller et al. (2005) menée par l'université de Keele pendant deux années (avril 2002 – mars 2004) porte sur l'usage des TBI dans le secondaire en

mathématiques dans 12 établissements britanniques. Elle consiste en la production de logiciels et de guides pédagogiques à l'attention des enseignants, conçus pour exploiter les potentialités interactives des TBI ; cette production est suivie d'une étude de leur utilisation en classe afin d'analyser les différentes voies possibles d'appropriation de ces outils communs chez différents enseignants. Le matériel recueilli comporte les vidéos des différentes séances, des interviews des enseignants et des élèves ainsi que deux tests mesurant l'impact sur l'apprentissage des élèves. Si, dans les conclusions de l'étude, il est fait état d'effets positifs du recours au TBI, ces derniers sont effectifs lorsque les stratégies adoptées par les enseignants sont marquées par le soutien aux interactions régulières avec les élèves, et lorsque ceux-ci peuvent interagir de façon particulière avec la technologie. Ces conditions ne sont pas toujours réunies dans les séances observées et dans un second rapport, l'équipe conclut : *In short it would appear that the effective use of the IAW in enhancing attainment hinges upon the progress made by teachers in harnessing the additional power of the technology to prompt analysis of the learning process in the teacher, and appreciation of the concepts and applications by the pupil.*

Dans son étude longitudinale portant sur approximativement 2000 élèves des classes de primaires, Somekh et al. (2007) collecte deux séries de données lors de deux visites dans les différentes écoles. La méthodologie employée croise une approche descriptive et une approche multi-niveaux dans laquelle l'usage du TBI est identifié comme l'un des facteurs influant sur l'apprentissage des élèves. Une amélioration de la motivation et du comportement des élèves est notée ainsi qu'un usage plus régulier de l'outil par les enseignants. Les auteurs soulignent également qu'une période de familiarisation de deux années est souhaitable pour voir apparaître des usages interactifs des TBI. Dans le même temps, concernant les effets sur les performances des élèves, le constat suivant est fait : *"where teachers had been teaching with the IWB for two years, and here was evidence that all children, including those with SEN [Special Education Needs], had made exceptional progress in attainment in national tests, a key factor was the use of the IWB for skilled teaching of numeracy and literacy to pairs or threesome of children."* (p6).

Smith et al. (2006) se donne pour objectif d'examiner l'impact de l'usage des TBI sur les interactions entre élèves et professeur, chez des élèves de 7 à 11 ans. L'étude porte sur un échantillon national d'enseignants du primaire, au total 184 séances sont observées sur une période de deux ans. Elle se focalise sur les stratégies d'enseignement développées dans deux domaines, la Litteracy et la Numeracy, avec et sans l'usage du TBI. Si les résultats de cette étude suggèrent que la technologie TBI a un impact sur la conduite des interactions dans la classe, cet impact est à relati-

ser. Le rythme des cours dispensés avec le TBI est jugé plus dynamique mais, une tendance, chez les enseignants qui recourent régulièrement au TBI, à augmenter le temps d'enseignement en grand groupe, la plupart du temps dans une perspective de type enseignement magistral, avec comme corollaire la réduction du recours au contexte d'apprentissage en petits groupes ou en individuel, est observée. Si le TBI est techniquement interactif, il peut conduire dans la classe à moins d'interactivité pédagogique. Au contraire, une utilisation moins interactive du TBI peut conduire à intensifier les interactions entre le professeur et les élèves ou entre élèves. Cet argument est repris et développé par Smith and Higgins (2006) qui soulignent la difficulté de développer plus d'interactivité pédagogique basée sur l'interactivité technique du TBI. S'il existe un lien entre les potentialités techniques de l'outil et des pratiques pédagogiques centrées sur le développement d'interactions entre professeur et élèves, ce lien ne s'observe pas nécessairement.

D'une façon plus générale, une étude plus récente (Kennewell et al. 2008) fait le constat suivant : *"It is clear that the transformation of pedagogy towards more pupil autonomy and personalization of the learning experience, which the early adopters of ICT envisaged, has not yet been widespread in the UK. Indeed, the advent of the IWB may be seen as a backward step, in that it gives a new impetus to traditional, teacher centred approaches"*.

L'étude évaluative menée par Moss et al. (2007) dans le cadre de la politique de déploiement des TBI dans une trentaine d'établissements secondaires et portant sur 9000 élèves souligne que les effets de cette politique se mesure par un fort taux d'équipement des établissements, notamment en anglais, mathématiques et en sciences. Cette étude ajoute que des usages très divers de cette technologie sont observés, et ce même dans une même discipline. Les effets sur la motivation des élèves sont jugés de courte durée et si les premiers tests effectués ne montrent aucun impact significatif sur la performance des élèves, les auteurs concluent sur l'impossibilité de statuer sur ce sujet en invoquant la multitude de facteurs à prendre en considération, allant des connaissances préalables des élèves aux différentes approches pédagogiques utilisées par les enseignants en passant par la formation professionnelle offerte à ces derniers.

3.3.5 Formation professionnelle des enseignants

Le rôle de la formation professionnelle des enseignants dans la construction et le développement de compétences nécessaires à l'usage de cette nouvelle technologie dans les classes est une question qui reste encore peu abordée dans les recherches actuelles. Kennewell and Beauchamp (2003b) soulignent la nécessité d'une réelle sensibilisation à cette nouvelle technologie et à ses potentialités, pour qu'une mise en

oeuvre effective dans les classes puisse s'opérer. Ils notent qu'une formation initiale des enseignants accès sur la maîtrise technique de l'outil et sur la construction de ressources est un préalable au développement d'un usage effectif des TBI dans les classes. Allen (2004) propose que cette formation initiale accompagne les futurs enseignants dans la réalisation de présentations s'appuyant sur l'usage des premières fonctionnalités proposées par l'outil (surbrillance, cacher-révéler, cliquer-déposer). En interrogeant 72 enseignants en formation initiale, Hall and Higgins (2005) notent un enthousiasme certain dans la perspective de l'utilisation des TBI et dans la manière dont ils pourraient en faire usage dans la classe, mais également une certaine frustration nourrie par le manque d'expertise ressentie des élèves dans la pratique des TUIC. Si les enseignants reconnaissent la nécessité d'une formation à la fois technique et pédagogique aux nombreux outils technologies mis à leur disposition, une distinction est cependant faite entre des besoins de formation généraux sur l'usage des TUIC classiquement liés à l'usage des ordinateurs et des besoins spécifiques pour accompagner l'usage des TBI. Si les formations dispensées par les fabricants de cette technologie sont jugées suffisantes pour se familiariser avec ce nouveau matériel, reste qu'une formation plus orientée vers les aspects pédagogiques et des usages spécifiques en classe est nécessaire pour tirer pleinement partie des possibilités offertes par cet équipement. Il existe un petit nombre d'articles recensés par Glover et al. (2005) traitant de la question des adaptations nécessaires à réaliser par les enseignants pour s'engager dans un usage régulier des TBI. Différentes investigations ont souligné que ces adaptations se construisaient dans l'usage (Polyzou 2005), au sein d'un travail d'équipe (Cuckle and Clarke 2003), avec l'aide de ressources appropriées (Kirshner and Selinger 2003). Pour Smith et al. (2006), l'ensemble des besoins d'une formation professionnelle se résume ainsi : *"teachers need extended opportunities to think through new ideas and try out new practices, ideally where they get feedback from a more expert practitioner and continue to refine their practice in collaboration with colleagues. Observation, coaching and talk analysis feedback may be useful tools for professional development"* (p454).

Miller et al. (2008) suggère qu'une formation appropriée devrait offrir *"Skills, Pedagogy, Opportunity, Reflection and Evolution (SPORE)"*. Ce modèle doit permettre d'accompagner les enseignants dans le développement d'usages nouveaux et variés et ainsi réfléchir aux conséquences de ces nouvelles pratiques en construction. Miller and Glover (2007), en examinant l'introduction de cette technologie dans sept établissements secondaires, notent qu'une intégration réussie repose essentiellement sur un travail d'équipe au sein des enseignants d'une même discipline.

De manière générale, ces différentes études s'accordent sur les principaux éléments

d'une formation susceptible de soutenir le développement d'usages interactifs du TBI :

- Une certaine continuité dans la formation : les meilleurs résultats sont obtenus quand la formation est permanente et les enseignants ont la possibilité de faire appel à des conseillers, de manière informelle, aussi souvent que nécessaire, pour poser des questions et discuter d'idées d'usage du TBI,
- La mise en confiance : l'opportunité d'essayer le TBI, avant de l'utiliser devant les élèves, est essentielle pour donner de l'assurance aux enseignants,
- Une réflexion sur les styles d'apprentissages : au-delà des aspects techniques, c'est la compréhension de la façon dont les élèves apprennent et des théories cognitives qui aide les enseignants à améliorer leur pédagogie. Un point jugé important par les enseignants interrogés dans l'une des études est la compréhension des notions de styles d'apprentissages et de différences individuelles, parce que ces notions permettent de réfléchir aux moyens d'adapter la pédagogie en fonction des différents besoins des élèves,
- L'utilisation des ressources pédagogiques : le simple accès à des ressources de qualité n'est pas suffisant pour savoir les utiliser. Des consignes claires sur la manière de les utiliser sont nécessaires.

3.3.6 Récapitulatif

L'examen critérié de la littérature anglaise laisse d'abord apparaître, du côté des potentialités techniques, un objet TBI qui semble outiller, dans une première intention, aisément des pratiques enseignantes tournées vers le monstratif. Cet état de fait explique en partie une adhésion rapide de cette technologie. Dans le même temps, c'est un outil qui apparaît pouvoir s'adapter à différents styles d'enseignement, à travers notamment la large palette de ressources dont il permet l'accès. Il est dès lors un levier d'intégration des technologies dans les pratiques enseignantes. L'intégration du TBI exige par ailleurs un investissement conséquent, à la fois dans la construction de ressources ainsi que dans les problèmes de maintenance à résoudre. Et c'est un effort commun (concertation des équipes enseignantes, soutien des équipes dirigeantes...) qu'il s'agit de consentir pour qu'une intégration pérenne de l'outil se fasse.

De nombreuses publications pointent la nécessité d'un changement des pratiques enseignantes pour atteindre une utilisation plus *interactive* de l'outil et questionnent les conditions attachées à un tel changement.

Est pointé alors que, sans accompagnement spécifique, et malgré un déploiement massif des TBI, l'usage répandu privilégie les potentialités monstratives de l'outil. En particulier, les ressources produites par les enseignants restent calquées sur les ou-

vrages scolaires, l'outil étant alors plus volontiers utilisé pour l'exposition de contenu (logiciel PowerPoint, etc...).

Si les recherches s'accordent jusqu'alors sur l'*interactivité technique* des TBI, (c'est à dire la possibilité de disposer d'un écran devant la classe répondant aux sollicitations des utilisateurs, et notamment accueillant diverses ressources qu'il est possible de contrôler via cet écran), ce sont dès lors des recherches qui s'emploient à examiner dans quelle mesure cette *interactivité technique* peut être mis au service d'une *interactivité pédagogique*, dans une dynamique d'apprentissage et quelles sont les conditions nécessaires à cette complémentarité.

C'est un processus relativement long qui est alors pointé par les recherches pour accéder à cette *interactivité pédagogique*, qui rencontre la résistance des enseignants et qui remet possiblement en doute le bien fondé de l'investissement important consenti pour déployer cette technologie. Différents stades dans le développement professionnel des enseignants sont identifiés, et débutent par un renforcement de la position magistrale de l'enseignant. Pour dépasser ce premier stade et disposer d'un outil au service de l'apprentissage des élèves, capable d'augmenter favorablement les interactions entre professeur et élèves, il s'agit pour les enseignants de conduire une réflexion sur leur pratique et d'apprendre à mieux s'adapter aux réponses des élèves afin de faciliter les échanges en classe. Cette nécessaire prise de conscience est rendue possible dès lors que les enseignants ont acquis un certain degré de confiance dans l'usage du TBI et une certaine expertise dans son maniement. La mise à disposition de ressources spécifiques permet également d'accompagner favorablement ce processus de changement. Dès lors que ces conditions sont réunies, c'est un enseignant qui fait preuve d'une bonne maîtrise technique de l'outil, qui n'occupe pas tout le temps le devant de la scène, et qui sollicite les élèves et les aide dans l'accomplissement des tâches, qui est décrit dans les recherches et un tableau avant tout support de la médiation faite par l'enseignant.

Concernant l'impact des TBI sur les apprentissages, si de nombreuses études se sont employées à mesurer cet impact, la difficulté de statuer définitivement sur la question demeure. D'une part, des problèmes méthodologiques importants et non résolus sont soulignés. Si l'attention des élèves semble plus soutenue, notamment à travers le choix de ressources jugées attrayantes, la relation entre motivation et apprentissage reste à explorer. Dans ce domaine, c'est la pérennité des apprentissages conduits avec le TBI qui reste à démontrer. C'est enfin la question de la complémentarité et du lien entre *interactivité technique* et *interactivité pédagogique* qui est posée dans ces recherches, l'augmentation des interactions entre professeur et élèves observée n'étant pas nécessairement en lien avec l'augmentation de l'utilisation des possibilités techniques de

l'outil.

Concernant enfin la dimension relative à la formation professionnelle des enseignants, la nécessité d'une formation spécifique à l'outil est pointée à travers une première familiarisation et un accompagnement dans la construction de ressources dédiées. Si des besoins techniques sont pointés, ce sont des formations professionnelles répondant également à des besoins pédagogiques et correspondants à des usages spécifiques en classe qui sont privilégiées. Les ingrédients d'une intégration réussie des TBI reposent dès lors sur une continuité dans la formation, une réflexion sur les besoins des élèves, sur les moyens de s'y adapter et sur la disponibilité de ressources spécifiques à l'outil.

A la lumière de cette étude, nous examinons dans la suite quel traitement est fait par la littérature française, encore parcellaire, de ces cinq dimensions relatives à l'outil, quelle prise en compte est faite de ces résultats, quels points de convergence et quelles spécificités apparaissent. Comme annoncé précédemment, nous débutons par l'examen du contexte spécifique français de déploiement de la technologie TBI.

3.4 Contexte de déploiement des TBI en France

C'est dans un contexte institutionnel marqué par la volonté d'utiliser les technologies dans l'enseignement¹⁰ que l'implantation des TBI a été mise en œuvre en France. Le plan RE/SO 2007, initié en Novembre 2002 sous l'impulsion de Jean Pierre Raffarin, alors Premier Ministre, se donnait pour objectif le développement de la communication et de l'information, notamment au niveau de l'Education Nationale. En matière d'équipement de cette technologie des établissements scolaires, la France s'est engagée, à l'instar de nombreux autres pays¹¹, dans une politique de déploiement massif de tableaux blancs interactifs qu'assez récemment. Avec 6 % de classes équipées, elle reste loin derrière de nombreux pays, mais périodiquement, des actions en faveur de l'équipement des établissements sont conduites. Ainsi, avec une dizaine de TBI présents sur le territoire avant 2003, cette technologie a fait ses vrais débuts dans l'hexagone cette même année en investissant particulièrement les établissements secondaires. On estimait alors qu'une douzaine de TBI étaient installés dans les écoles primaires et environ 1200 dans le secondaire. L'année suivante, après

10. Un texte, publié en 2004, de l'Inspection Générale de l'Education Nationale, constituait une première feuille de route de l'équipement informatique d'un établissement pour la mise en place de l'utilisation des TUIC en mathématiques.

11. En Italie, ce sont 20 M€ par an sur les trois prochaines années qui seront consacrés à l'installation de TBI. Le Portugal prévoit d'avoir équipé une salle sur trois en 2010. Le Kazakhstan a lui-même équipé ses écoles de 8000 tableaux en 2008.

une première phase expérimentale, la SDTICE¹² décide de consacrer, avec l'opération PrimTice¹³, un million trois cent mille euros à la mise en place de TBI dans les écoles primaires, opération suivie, en août 2005, d'une nouvelle dotation d'un million d'euros. Selon la SDTICE, l'opération TBI conduite dans le primaire suscite alors un regain d'intérêt pour le TBI dans le secondaire. Depuis, l'équipement n'a cessé de progresser. Si en 2007, près de 2000 TBI dans les écoles primaires et environ 3000 dans le secondaire ont été installés, deux ans plus tard, on dénombrait 27000 TBI répartis entre l'enseignement secondaire (18600) et l'enseignement primaire (8400), ce qui correspond à 2,7 TBI par établissement dans le secondaire et 2,1 dans le primaire.

Les objectifs à court terme sont tout aussi ambitieux. Dans le cadre de son programme *Cyber-base*, la Caisse des Dépôts va déployer 400 Cyberbases¹⁴ d'ici 2013, et à cet effet, un TBI sera financé par le Ministère. Dans le rapport Fourgous¹⁵ sur la modernisation de l'école par le numérique, cité plus haut, le cap est clairement fixé : *"l'objectif est d'abord de munir chaque classe d'une prise réseau et du haut débit d'ici 2012. Mais il ne s'agit que d'un préalable : (...) les TBI doivent être généralisés."* C'est donc vers un projet de généralisation de cette technologie que semble résolument tourné le système éducatif français, et d'ores et déjà, les deux témoignages suivants, extraits de mémoires de professeurs stagiaires, laissent augurer d'une réalité plausible à l'avenir : *"Avant la rentrée, je me disais que je me serais contenté d'un simple tableau à craies. Mais voilà, le destin en a décidé autrement car non seulement je travaille sur des tableaux blancs avec marqueurs, mais j'ai en plus, dans une des salles que j'occupe, un tableau numérique interactif."* ; *"Comment faire mon choix dans l'utilisation ou non du TBI, qui a pris la place du tableau à craie au centre du mur. Seuls deux petits tableaux carrés sont restés de part et d'autre du TBI. Autant dire, que finalement, je n'ai pas le choix. Je dois utiliser ce TBI au moins en guise de tableau noir, car c'est la zone d'affichage accessible à tous les CP sans qu'ils aient besoin de bouger de leur place"*.

12. La SDTICE est chargée de généraliser l'usage d'Internet et des technologies de l'information dans le cadre de l'Education Nationale, de la maternelle à l'université. Cette politique se décline sous quatre grands thèmes : - les infrastructures et les équipements - les services numériques (notamment le projet Universités Numériques en Région) - les usages et les ressources numériques (Universités Numériques Thématiques) - la formation aux TICE et l'accompagnement avec la généralisation des C2i.

13. Initiative conjointe de la SDTICE et de la société GTCO Camp

14. Espace multimédia équipé de postes connectés à Internet et d'outils multimédia, implanté dans une école primaire et porté par une collectivité territoriale

15. Rapport remis à Monsieur le Ministre de l'Education Nationale, Monsieur Luc Châtel, le 15 février 2010

3.5 Etude de la littérature française

Il n'existe pas à notre connaissance d'article publié dans des revues de recherche traitant spécifiquement de l'usage du TBI dans la classe de mathématique, ce qui témoigne de la jeunesse relative de ce thème de recherche. Les travaux recensés sur Internet sont, quant à eux, facilement accessibles et relativement abondants. Dans ces différents articles, il nous semble possible de dénombrer différentes catégories :

- Ceux qui relèvent d'une approche technique de l'outil : sont présentées majoritairement les fonctionnalités offertes par le logiciel équipant le TBI, les critères de choix d'un tel outil à prendre en considération ainsi que des mises en garde techniques parfois détaillés. Cette première catégorie est illustrée par bon nombre d'articles parus dans le numéro spécial de Mars 2007 de la revue *Mathematice* publiée en ligne.
- Ceux qui relèvent d'une approche descriptive des usages : ces travaux sont souvent conduits par des technophiles utopistes et reflètent par conséquent l'enthousiasme de ces pionniers qui ont une vision bien marquée de ce que la technologie doit apporter à l'école. Leurs caractéristiques communes sont l'absence de problématisation et d'hypothèses à soumettre à l'expérimentation, et se limitent ainsi à des témoignages personnels voire de véritables plaidoyers.
- Ceux qui relèvent des comptes rendus d'innovation : les déploiements des TBI dans les établissements scolaires font souvent l'objet d'appels à projets. Des efforts d'accompagnement de ces projets par des groupes de pilotage académique donnent lieu à la rédaction de documents de synthèses, des comptes rendus d'innovation. Ces derniers sont caractérisés pour être des études à petite échelle, celle d'une classe voire d'un niveau de classe dans un établissement. Les objectifs poursuivis sont multiples et très généraux (améliorer l'enseignement des mathématiques, générer de nouvelles pratiques pédagogiques. . .). Lorsqu'ils font état d'une évaluation, ces travaux ne mentionnent que rarement la méthodologie utilisée. Les conclusions formulées sont en général très enthousiastes sans réelle confirmation des hypothèses posées, conclusions souvent congruentes au discours des promoteurs industriels des TBI, dont la mise à contribution dans de tels projets n'est pas une pratique isolée.

Il est possible, dans ces différents écrits, de relever certaines pratiques utilisant les fonctionnalités du TBI. C'est d'une part, l'insertion de vidéos et d'animations dans le cours de mathématiques pour illustrer les notions présentées. Aussi, l'utilisation de ressources en ligne et plus particulièrement celles proposées par l'association Sésamath (mathenpoche, tracenpoche, instrumenpoche. . .) sont indiquées. D'autres pratiques

comme la possibilité de scanner le travail des élèves pour le dévoiler à la classe entière, la mise à disposition des élèves sous forme de fichiers informatiques du travail effectué au sein de la classe ou encore la possibilité d'enregistrer le travail présenté pour une exploitation ultérieure, sont mentionnées. Dans le domaine géométrique largement sur-représenté, on trouve en faveur du TBI des arguments de facilitation des constructions géométriques ainsi que de manipulation d'objets géométriques virtuels. Au travers de ces quelques exemples, il semble que se dégage plus largement un discours centré sur l'amélioration de la "*productivité*" de l'enseignant. Le regard dans ces écrits est encore très centré sur la technologie, partant des potentialités offertes par le dispositif, ceci au détriment d'un point de vue centré sur l'activité des élèves. Une des conséquences immédiates de ce phénomène est le faible questionnement portant sur le contenu mathématique enseigné dans ces divers travaux.

Dans la suite de cette revue, nous faisons état de deux rapports, l'un élaboré par l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres de l'Université de Toulouse, l'autre, rendu public récemment, sur la modernisation de l'école par le numérique. Ces deux rapports constituent à eux seuls deux autres catégories d'écrits.

3.5.1 Etude d'un rapport d'expertise relatif aux usages du TBI à l'école primaire.

Présentation

Le rapport - Expertise relatif aux usages du tableau blanc interactif en école primaire – remis à la direction de la technologie / SDTICE élaboré par l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres de l'Université de Toulouse constitue à lui seul une autre catégorie d'écrits. Celui-ci ne se limite pas à la classe de mathématiques, et propose d'apporter un regard sur l'usage des TBI à l'école primaire en essayant de déterminer quelles peuvent être les différences d'usages avec les tableaux traditionnels. S'appuyant sur quelques observations d'élèves de cycle 3, les auteurs formulent l'hypothèse que le tableau blanc interactif "*permet à l'élève de prendre de la distance avec le fait d'être au tableau d'une part, et de développer une motivation intrinsèque (l'envie de faire) plutôt qu'extrinsèque (la recherche d'une récompense) d'autre part*". Les résultats de l'étude reposent sur trois axes, la nature des connaissances apprises, le concept de soi, et la motivation intrinsèque. Les auteurs se proposent d'analyser plus spécifiquement ces trois axes en s'appuyant sur un échantillon national comportant 27 classes dont 17 classées ZEP (soit une moyenne de 650 élèves) ainsi qu'une trentaine d'enseignants, ceci au travers d'observations directes d'élèves en situation d'apprentissage, d'entretiens collectifs d'élèves et d'enseignants, Une expérimentation

plus ciblée sur l'impact du TBI dans les apprentissages chez les élèves identifiés pour avoir des difficultés pour accepter de *"passer au tableau"* est également conduite. Un dernier outil – l'envoi d'un questionnaire à destination des enseignants concernant les différents usages du TBI – portant sur un échantillon sensiblement plus large, vient compléter cette méthodologie.

Discussion

Nous présentons et de discutons ici certaines des nombreuses conclusions de ce rapport.

Concernant les volets estime de soi et motivation intrinsèque liée à l'utilisation des TBI, les hypothèses posées au départ de l'étude, à savoir *"le TBI permet aux élèves qui ont une faible estime de soi de prendre place plus facilement au tableau"* et *"le TBI est un puissant vecteur de motivation"* semblent largement validées par les résultats de l'étude. Sont cités notamment l'effet positif sur la motivation lorsque c'est l'élève plutôt que l'enseignant qui interagit avec le TBI. L'utilisation de la fonction d'enregistrement du logiciel *"permet aux élèves de revoir le travail fait en suivant les démarches effectuées, de le reprendre, et sauvegarder à nouveau si nécessaire pour que ce dernier travail soit éventuellement réutilisé plus tard"*. Cet exercice est jugé *"des plus motivant pour les élèves qui comprennent vite qu'il est beaucoup plus efficace de revoir le déroulement des exercices ou des leçons plutôt que de relire simplement les corrections (en tant que produit fini) sur son cahier."* Un second épisode, observé dans une classe expérimentale, fait état de *"six des huit garçons qui ne lèvent pas le doigt d'habitude ont levé le doigt au moins une fois, et deux d'entre eux l'ont fait de façon spontanée, sans que l'enseignant propose une activité ou sollicite quoi que ce soit. Le premier de ces deux élèves a souhaité mettre en marche le tableau."* Si l'impact sur la motivation des élèves paraît démontré, on peut se demander si cette dernière est entièrement dévolue à la tâche (mathématique pour ce qui nous concerne) proposée à l'élève et plus largement aux apprentissages dans la classe. Cette dimension de la motivation est inférée dans ce rapport mais n'a pas été mesurée. Une motivation nouvelle est également notée chez les enseignants, ces derniers affirmant mettre plus facilement à disposition de leurs collègues des préparations impliquant le TBI.

Concernant la nature des connaissances apprises, les auteurs se proposent à partir de l'observation et l'analyse des usages des TBI de *"mettre en exergue si la nature des connaissances représentées permet aux élèves de comprendre ou de résoudre des problèmes concernant des notions qu'ils ne peuvent habituellement pas traiter avec le tableau classique"*. Dans cette perspective, différents usages sont décrits. Concernant plus particulièrement les mathématiques, une fonctionnalité de l'outil est particuliè-

rement sollicitée : il s'agit de la possibilité de *"déplacer des objets, de les réduire, de les agrandir et le cas échéant de les transformer"*. Cette fonction, présentée comme un atout permettant d'optimiser l'espace de travail, est abondamment utilisée en géométrie (*"Les leçons de géométrie en sont un bon exemple"*). Aussi, toujours dans le domaine géométrique, il est fait mention de l'usage du TBI pour *"rendre les démonstrations plus efficaces"*. Cependant les justifications apportées pour étayer cette assertion *"puisque d'une part, l'information est diffusée sur un écran de plus de deux mètres carrés et accessible par l'ensemble de la classe et d'autre part l'utilisation du stylet ou du doigt pour interagir avec le tableau est plus visible que le déplacement du curseur de la souris sur un petit écran"* peuvent laisser un doute sur l'acceptation du qualificatif choisi.

L'étude des différents usages conduit les auteurs à formuler l'hypothèse que le TBI *"va être un catalyseur poussant l'enseignant, en ce qui concerne la création de nouveaux contenus d'enseignements, à produire de nouvelles activités pédagogiques qui, elles, seront plus fortes de sens pour les élèves"*. Le seul exemple d'activité proposée en mathématique peut cependant laisser perplexe : *"apprendre à poser correctement un problème, se poser la vraie question est difficile mais nécessaire avant de se demander quelle opération il faut effectuer. Le tableau blanc interactif permet ainsi de déplacer et regrouper les items mis à disposition (opérateurs, variables, opérandes...) en fonction du problème posé. Ils peuvent ainsi, grâce à ces regroupements, élaborer la procédure adéquate pour résoudre le problème"*. En effet, comme peut le laisser entendre la description précédente (cette impression est corroborée par l'abondance de ce type d'activités mises à disposition des enseignants sur Internet) le type d'activités proposé consiste à mettre à disposition des élèves l'énoncé d'un problème dont il s'agit d'identifier *a priori* les éléments pertinents et d'écarter les éléments inutiles, ceci en vue de fournir une aide à la résolution du problème. On peut légitimement s'interroger d'une part sur la nouveauté de cette pratique mais aussi d'autre part sur sa pertinence, étant entendu que la réussite de cette tâche est conditionnée au préalable par la compréhension du problème.

Si le rapport mentionne la mise en oeuvre de nouvelles pratiques pédagogiques, il n'en fait pas réellement la description. Au mieux, apprenons nous que les auteurs *"ont pu observer jusqu'à quatre enfants travaillant simultanément"* et que *"dans cette approche socio-constructiviste, les enfants se sontentraîdés en prenant chacun part au développement de l'activité en fonction de leurs compétences propres. Ils ont ainsi utilisé le tableau avec beaucoup de dextérité et de compréhension"* ou encore concernant la gestion de l'hétérogénéité que *"le TBI étant connecté à un ordinateur, les enseignants jonglent facilement avec différents fichiers et peuvent, par conséquent ap-*

porter différents niveaux de précisions en fonction des élèves". Il convient néanmoins de noter qu'au travers de la description à la fois des avantages du TBI ainsi que des connaissances présentées qui ne le seraient pas sans cet outil, le rapport laisse entrevoir quelques éléments pouvant participer à la mise en place de nouvelles pratiques. A cet effet, sont notées la possibilité offerte par l'outil "*d'illustrer facilement n'importe quel document avec des images adaptées, voire du son*", la possibilité "*de revenir sur un point de la leçon en cours, ou sur une leçon réalisée antérieurement*". On trouve également comme moyen à disposition de l'enseignant, la mise en ligne des documents étudiés et annotés en classe, ou encore la possibilité de les imprimer et de les distribuer aux élèves. "*Bien des élèves rapportent à leurs pairs d'autres classes ne bénéficiant pas de cet outil que les enseignements sont beaucoup plus dynamiques, que leur professeur est plus actif*", c'est peut être aussi à travers ce constat relevé dans le rapport que l'on peut percevoir des changements dans les pratiques enseignantes.

3.5.2 Etude critique du rapport Fourgous

Remis le 15 février 2010 en réponse à la commande du Premier Ministre, François Fillon, de mener une réflexion et formuler une ensemble de propositions pour la promotion des TUIC dans l'enseignement scolaire, le rapport Fourgous est à la fois un appel à une politique globale et ambitieuse d'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement qui ne saurait se résumer ni à la question de l'équipement des établissements, ni à celle de l'éducation aux médias, et un programme de 70 mesures pour faire basculer l'Ecole dans l'ère du numérique. Dès le préambule de ce rapport de 326 pages, c'est une vision quelque peu idéalisée du pouvoir des TUIC sur l'enseignement qui est dépeinte, en assurant qu'une utilisation généralisée entrainera à la fois et nécessairement de meilleurs pédagogies et de meilleurs apprentissages, l'adaptation du système éducatif à chaque élève, un "*renforcement de la relation enseignant-apprenant*", de la "*confiance mutuelle*" entre les élèves et une diminution des inégalités et de l'échec scolaire. Notons également qu'en filigrane de ce rapport, c'est un modèle pédagogique constructiviste caricaturé et peu analysé qui est prôné, présenté comme seule alternative à des méthodes jugées "*anciennes*" d'enseignement "*frontal*", tenues pour responsables de l'inadaptation du système scolaire aux évolutions du monde et dont la voie d'accès privilégiée serait la généralisation des TUIC : "*Il est admis depuis 80 ans qu'une pédagogie active et individualisée facilite la réussite de l'élève. Si jusqu'à présent ces pratiques enseignantes étaient difficiles, voire impossibles, à mettre en œuvre, les TICE offrent aujourd'hui aux enseignants le moyen de les appliquer et donc de favoriser au mieux la réussite de tous leurs élèves*". L'usage des TBI dans l'enseignement ne fait pas exception à la règle. Le rapport reprend à son

compte, sans plus de précaution, un ensemble d'extraits choisis émanant de rapports majoritairement britanniques ou encore de discours et de témoignages d'utilisateurs pionniers et ventant les usages de cette technologie. Nous apprenons ainsi que le TBI est *"un outil flexible et gratifiant pour l'enseignant"*, qui permet *"un renouvellement continu et évite la monotonie du tableau vert"*, il donne *"une grande souplesse dans le déroulement des séances"*. *"La réactivation des notions abordées précédemment, et par conséquent, la continuité des apprentissages, sont, de ce fait facilités"*. Tout ceci permet à l'enseignant, d'après les auteurs de ce rapport, d'avancer *"plus vite dans son programme tout en optimisant la compréhension des notions par les élèves"*. En faisant ainsi aucune place aux travaux critiques, ce rapport fait fit de toute objection et souvent de nuance et c'est à une présentation exclusivement et excessivement positive des effets cognitifs et sociaux de l'usage de cette technologie auquel assiste le lecteur. L'accent est mis sur la formation des enseignants. Mais si la volonté de renverser un modèle équipement/formation pour le modèle formation/équipement est affirmée, une vision quelque peu idéalisée de l'impact des TUIC sur les modifications des pratiques demeure. Ainsi, si les auteurs reconnaissent que l'enseignant *"peut utiliser le tableau de manière linéaire, comme rétroprojecteur, simplement pour projeter ses cours et documents"*, renforçant ainsi *"une pédagogie frontale et instructiviste"*, ils notent également que *"désirant toujours faire au mieux pour ses élèves, si une formation lui est proposée, il intègre dans ses cours, petit à petit, de nouvelles pratiques pédagogiques"*. Accéder à ces nouvelles pratiques demande, toujours d'après le rapport, à l'enseignant *"d'accepter de faire évoluer sa pédagogie et ne pas préparer entièrement les scénarios pédagogiques à l'avance"*. Pour développer de telles pratiques, le rapport met l'accent sur le volontariat et la formation continue mais dont les contours ne sont pas esquissés. Il propose à cet effet un modèle *"d'appropriation de la culture TICE"* en cinq stades :

- stade 1 - acquisition personnelle : éveil, auto-information
- stade 2 - utilisation professionnelle : utilisation au domicile, auto-apprentissage
- stade 3 - adaptation pédagogique : familiarisation, automatisme
- stade 4 - intégration pédagogique : autonomie, intégration, collaboration
- stade 5 - utilisation créative : création, innovation

Des recommandations sont formulées pour accompagner les enseignants dans l'utilisation des TUIC : des universités d'été pourraient former jusqu'à 6000 *"ambassadeurs du numérique"* par an, chargés ensuite d'accompagner le changement dans les établissements : chaque établissement aurait un enseignant *"chargé de mission au développement des services numériques"* ; une plateforme *"aidotice"* assisterait

les enseignants dans leur formation et les communautés d'enseignants seraient accompagnées pour développer les échanges entre pairs. Mais si ces propositions sont ambitieuses¹⁶, elles dévoilent du même coup une situation actuelle plus terne. Ainsi, apprend-on qu'en matière d'équipement en TBI, les IUFM restent sous-équipés : si quelques-uns possèdent cinq TBI, la plupart ne sont équipés que d'un seul tableau. D'autres mesures préconisent la mise en place d'un fond de développement et d'investissement dans la production de nouvelles ressources pour enrichir une offre pourtant jugée foisonnante¹⁷. Mais l'annonce de certaines d'entre elles prises isolément, telle que l'obligation faite, dès 2011, aux éditeurs, de publier au format numérique les manuels scolaires peuvent laisser penser qu'elles ne favorisent pas l'émergence de pratiques nouvelles.

3.5.3 Premières réserves émises par la recherche en didactique des mathématiques française

Comme nous l'avons mentionné plus haut, il n'existe pas, à notre connaissance, d'article publié dans des revues de recherche traitant spécifiquement de l'usage du TBI dans la classe de mathématique. Cependant, des travaux portant notamment sur l'usage des ressources en ligne par les enseignants de mathématiques ont été l'occasion d'observer des pratiques de classe intégrant l'usage des TBI. En s'appuyant sur les données et ressources recueillies lors d'une série d'entretiens menés avec 9 professeurs de collège et de lycée interrogés sur leur travail documentaire dans le cadre du cours de l'école d'été 2007 de Gueudet et Trouche (2007), Gueudet (2009) analyse le travail d'une enseignante utilisatrice régulière du TBI depuis 2004 et met à jour certaines régularités dans les pratiques observées. Elle conclut alors que *"la généralisation de l'accès à des TBI, ou simplement à des vidéo-projecteurs peut faire supposer un renforcement de pratiques tournés vers l'ostension"* (Gueudet, 2009, p66.).

3.6 Regards croisés

Dans cette revue de la littérature existante, il semble possible de relever quelques faits notables. La littérature anglaise souligne l'existence d'un glissement des pratiques enseignantes, qui, d'ostensives, sous la direction d'un enseignant "instructeur", s'orientent vers plus d'interactions et d'échanges dans la classe, soutenues par un

16. Le coût total des propositions est chiffré à un milliard d'euro par an.

17. A côté de l'offre institutionnelle, existe une offre des éditeurs privés : deux catalogues, CNS et KNE regroupent 45 éditeurs publics et privés et la plupart des éditeurs du monde de l'éducation proposent des abonnements à des ressources en ligne (Jeriko,...)

enseignant "médiateur". Tirer parti de toutes les potentialités des TBI exige des enseignants de s'engager dans ce mouvement. Sans cette intention, le risque de voir s'installer des pratiques basées exclusivement sur les potentialités monstratives de cette technologie est grand et réduit en conséquence toute perspective de changement. Des besoins de formation et d'accompagnement pour d'une part développer des compétences techniques et d'autre part, entamer une réflexion sur les pratiques pédagogiques sont nécessaires afin d'atteindre une masse critique d'enseignants dans chaque établissement capable de soutenir une telle dynamique.

La littérature française, quant à elle, semble aujourd'hui encore très parcellaire alors même que le paysage éducatif français semble s'engager dans une tentative de développement soutenu des TBI. Les premiers travaux sur le sujet témoignent d'un grand optimisme, que ce soit du côté de la motivation des élèves ou encore du côté du renouveau des pratiques enseignantes impulsées par l'adoption de cette technologie. Ils partagent une proximité certaine avec les premiers travaux anglais. Cependant, ces premiers constats positifs semblent re-questionnés par les travaux britanniques plus récents et parfois largement remis en cause. C'est par exemple l'effet de cette technologie sur la motivation et sur l'apprentissage des élèves ou encore des conséquences sur les pratiques enseignantes, loin des premières attentes, avec un renforcement des pratiques ostensives.

Si certaines publications françaises s'appuient largement sur quelques conclusions extraites de rapports britanniques, c'est, nous semble-t-il, sans tenir compte des réserves émises mais également sans prendre certaines précautions liées notamment au contexte de déploiement des TBI dans les deux pays. Le contexte britannique est celui d'un système scolaire dans lequel le ministère tutélaire de l'Éducation soutient de façon constante et massive, le développement des TBI, avec des mesures d'importance visant le soutien aux autorités scolaires locales en matière d'achat et de mise à jour du parc informatique et des ressources associées, et soutenant la formation continue du personnel enseignant en matière d'intégration pédagogique des TUIC. C'est aussi une réforme des pratiques enseignantes débutée parallèlement et dans laquelle les adaptations et les évolutions souhaitées semblent offrir une véritable niche écologique à cette technologie adaptable à la géographie existante des salles de classe. De ce point de vue, le contexte français est loin d'être comparable, d'une part, parce que les mesures de soutien annoncées le sont dans un contexte économique morose et démontrent une situation actuelle plus terne, d'autre part, parce que le seul modèle pédagogique brandi comme étant susceptible de mettre à profit les potentialités des TBI ne semble pas suffisamment analysé et réactive de nombreux stéréotypes éculés.

3.7 Bilan et perspectives

Que retenir alors de l'expérimentation anglaise? Ce qu'elle montre est d'abord l'existence d'un paradoxe. Alors qu'il existe un large consensus sur les avantages d'une telle technologie, la réalité dans les classes est marquée par une grande variation dans les pratiques observées et parfois loin des premières espérances, ce qui vient lourdement hypothéquer l'amélioration espérée dans les pratiques enseignantes. De ce point de vue, cette technologie semble nourrir les mêmes attentes et désillusions que celles d'autres technologies qui ont voulu précédemment relever le même déficit. La relative aisance dans la prise en main de cet outil couplée à son intégration facilitée dans les pratiques existantes peuvent constituer la principale faiblesse de cette technologie. Une fois installés dans les classes, l'identification et l'exploitation des potentialités des TBI ne sont pas garanties. Face à cette situation, la réponse britannique semble être de rediriger l'attention des enseignants non pas vers la technologie elle-même, mais plutôt vers les pratiques pédagogiques qui doivent pouvoir offrir plus d'interactions. Le pari est fait que ce recentrage permettra de mieux comprendre comment les TBI peuvent être mis à profit dans l'enseignement.

Ces premiers constats soulèvent des premières nécessités dans notre étude.

D'une part, si un accompagnement spécifique semble nécessaire et mis en place dans le système anglo-saxon pour éviter des écueils d'un possible renforcement du monstatif dans les pratiques, quand est-il précisément des précautions prises par l'institution scolaire française pour y faire face? ces écueils sont-ils pris en compte? dans quelle mesure les réponses institutionnelles apportées en terme de soutien au déploiement de cette technologie y répondent?

D'autre part, la littérature anglaise souligne la facilité de prise en main de cet outil pouvant se révéler in fine problématique. Quand est elle précisément? dans quelle mesure les fonctionnalités de l'outil sont susceptibles de renforcer les postures ostensives? quels sont les besoins instrumentaux nécessaires pour exploiter les potentialités de l'outil? Ceci appelle l'étude et l'examen affiné de l'outil TBI et de ses caractéristiques

La littérature française semble s'être très vite tournée vers la question de la mesure de l'impact de cet outil sur les apprentissages des élèves, et la seule étude à notre disposition laisse parfois le doute entre un amalgame possible entre motivation et apprentissage. Si cette question est évidemment une question cruciale, étant entendu qu'une réponse positive légitimerait à elle seule l'arrivée des TBI dans les classes, ce que montre la littérature anglaise sont les difficultés méthodologiques que soulèvent une telle question. Quand bien même ils sont partiellement levés, la réponse est loin encore d'être évidente.

Ce second constat nous semble plaider en faveur d'une capitalisation des connaissances sur les usages de l'outil en amont et au service de la résolution de la question de l'impact sur les apprentissages. C'est précisément cette voie que nous cherchons à explorer dans notre travail.

La littérature anglaise souligne enfin le caractère paradoxal d'un large consensus sur les potentialités de l'outil et les pratiques constatées en classe plus ternes. Nous pensons qu'il est possible de questionner ce paradoxe en envisageant l'intégration des TBI comme le résultat d'un processus d'adaptation mutuel, dans lequel la technologie s'accommode inévitablement des habits du professeur en même temps qu'elle les modifie sensiblement. Examiner ce processus, c'est permettre de mesurer si les potentialités entrevues des TBI sont une représentation utile de ce que cette technologie est susceptible d'apporter.

Etudier le système complexe que constitue ce processus d'adaptation mutuel de la technologie TBI dans les pratiques de classe passe nécessairement dans notre étude par un premier regard sur les usages. Comme tout système complexe, l'action sur un seul paramètre ne suffit pas car il est généralement le siège de nombreux phénomènes imbriqués. Notre objectif est d'organiser l'étude de ce système, nous proposons pour ce faire de mettre à jour un ensemble de déterminants, relevant à la fois de l'outil et des pratiques, susceptibles de rendre compte de la complexité de ce processus d'adaptation, ainsi que de montrer leur nécessaire articulation pour mieux caractériser le système dans son ensemble.

Nous abordons dans le chapitre suivant la question de l'appropriation par les enseignants de mathématiques de la technologie TBI avec une première focale centrée principalement sur l'outil. Si l'examen de la littérature a pointé certaines potentialités de l'outil, elle a permis également de souligner que toute comparaison gagnait à être faite avec précaution, compte tenu d'éléments de contexte différents. Il ne s'agit pas dès lors, dans le questionnement qui va suivre, d'ignorer les potentialités révélées de l'outil, mais plutôt d'enrichir celui-ci de la prise en compte des spécificités institutionnelles (à travers notamment les instructions officielles) et de l'état de l'existant (à travers notamment les ressources disponibles). Nous détaillons ces éléments en premier lieu dans le chapitre suivant. Nous précisons également comment le cadrage théorique de l'étude nous permet plus largement de penser, en se centrant sur l'outil, la question de son appropriation (et de l'état de cet appropriation) par les enseignants de mathématiques.

Chapitre 4

Le TBI : entre potentialités et soutien.

Sommaire

4.1	Préambule.	98
4.1.1	Une inscription dans un processus de conception et d'usage.	98
4.2	L'objet TBI	103
4.2.1	Les éléments matériels du dispositif	103
4.2.2	L'élément logiciel du dispositif	105
4.2.3	Les périphériques complémentaires	107
4.2.4	Premier bilan	108
4.3	Les évolutions technologiques du dispositif TBI	109
4.3.1	Les outils "natifs" du logiciel	109
4.3.2	D'autres évolutions du dispositif	115
4.3.3	Le mode mathématique du logiciel	117
4.3.4	Second bilan	119
4.4	Besoins instrumentaux et interactivité	121
4.4.1	L'environnement de conception du logiciel	121
4.4.2	Troisième bilan	123
4.5	Synthèse de l'étude du dispositif technique	125
4.6	Regards institutionnels sur le TBI	127
4.6.1	Modalités d'intégration des technologies dans les programmes	127
4.6.2	Position institutionnelle : première approche	131
4.6.3	Positionnement institutionnel : seconde approche	134
4.6.4	Discussion	141
4.7	Les ressources	143

4.7.1	Etude quantitative des bases institutionnelles	144
4.7.2	La base Educ'Base en détail	146
4.8	Bilan	159

Nous abordons dans ce chapitre la question de l'appropriation par les enseignants de mathématiques de la technologie TBI. Le cadre théorique général de l'étude permet de prendre en charge et d'outiller l'idée d'une conception dans l'usage des objets technologiques, organisée dès le départ dans le processus de conception. Un des enjeux du regard que nous portons sur l'outil réside ici : il s'agit d'examiner comment se traduit cette prise en compte de la conception dans l'usage de l'objet TBI et quelles en sont les conséquences. En positionnant le dispositif TBI dans un cycle de conception partagé entre utilisateurs et concepteurs, nous ouvrons l'accès à un regard renouvelé sur les fonctionnalités de l'outil¹, ces dernières n'étant non pas uniquement regardées comme fonctions constitutives du dispositif, mais aussi comme marqueur partiel de fonctions constituées par les utilisateurs. Nous légitimons dans un paragraphe liminaire de ce chapitre ce positionnement de l'outil. Ce point de vue adopté nous permet dès lors de considérer que ce sont les usages (en terme de fonctions constituées par les utilisateurs) qui pilotent en partie les évolutions successives apportées à l'interface de l'outil par les concepteurs. Il permet de justifier l'examen que nous faisons des évolutions de cette interface, que nous érigeons en moyen d'accès indirect aux usages constitués des TBI. Ce sont ainsi les évolutions technologiques de l'objet TBI que nous regardons comme un indicateur potentiel des usages constitués de l'outil. Quelques interrogations générales, prémisse d'une investigation plus fine des usages du TBI sont proposées dans ce chapitre : Qu'est-ce que cet outil ? Quand l'utiliser ? Comment l'utiliser ? Si ce questionnement est en premier lieu appréhendé à travers une première dimension investissant les fonctionnalités de l'outil, ce questionnement est également enrichi de deux autres dimensions que sont l'adéquation de l'outil à l'enseignement du point de vue des instructions officielles, ainsi que de ses potentialités à travers l'étude de bases de données institutionnelles regroupant des corpus de scénarios pédagogiques.

4.1 Préambule.

4.1.1 Une inscription dans un processus de conception et d'usage.

Si le développement d'un objet technique a pu reposer sur un processus de conception piloté d'abord par des problématiques techniques (possibilités techniques, contraintes de production), la multiplication d'offres concurrentielles sur un même marché² ou

1. Qualifié de renouvelé car en partie différent de celui qu'il serait possible de poser par exemple sur un outil professionnel tel que le tableur

2. En ce qui concerne les TBI, sept constructeurs se partagent inégalement le marché (Prométhéan, eInstruction, Smart Technologies, Hitaschi, Panasonic, Teamboard, 3M)

encore la réduction du cycle de vie³ des produits technologiques, s'accompagnant inévitablement par une réduction des délais de mise sur le marché, sont autant d'enjeux industriels et commerciaux nouveaux. Ils constituent une nouvelle donne à intégrer dans la conception, qui n'est pas sans conséquence sur la nécessité d'une meilleure prise en compte de l'utilisateur, de ses besoins dans le processus même de conception des produits. Si ces deux courants, l'un centré sur la technique, l'autre centré sur l'utilisateur, divergent parce qu'opposés dans leurs domaines de recherche respectifs, ils sont liés par le même constat de l'impossibilité, au cours du processus de conception, de se satisfaire d'une seule vision. Alors que dans l'un il faut confronter les points de vue liés aux problématiques techniques dans le but d'optimiser le processus de conception, dans l'autre il faut confronter les systèmes techniques et leurs liens avec l'utilisateur pour alimenter et orienter la conception, intégrer la parole de l'utilisateur dans la conception, dans le but de proposer une réponse cohérente à la complexité de systèmes où interagissent les hommes et la technologie.

Dès 1995, Rabardel notait la complémentarité des deux approches, mais il ajoutait qu'aujourd'hui, force est de constater que c'est le point de vue technocentrique qui est profondément dominant, voire parfois l'unique point de vue présent. Au schéma classique distinguant temporellement conception et usage dans lequel une phase de mise au point et d'installation précède une phase d'usage, censée n'être qu'une mise en œuvre, il invitait à reconsidérer ce schéma, en prolongeant le processus de conception dans l'usage. Dans ce processus, les fonctions et propriétés constituées par les utilisateurs prolongent les fonctions et propriétés constituantes produites par les concepteurs. Les fonctions constituées, dans certains cas, anticipent des fonctions constituantes futures. L'activité de conception n'est donc ici pas limitée à celle du concepteur tout comme l'usage ne se résume pas, lui non plus, à l'activité d'un utilisateur final.

Ces courants semblent aujourd'hui s'unir autour de la thématique de l'innovation. Si cette dernière ne peut émerger que par la rencontre d'une idée et d'un marché, elle doit, pour réussir, intégrer un ensemble de complexités (complexité des usages qui créent ces marchés, complexité des processus de réalisation et de conception physique du produit...). L'usage apparaît, dans cette perspective, être une thématique et un levier pour innover en intégrant les utilisateurs et les concepteurs dans l'acte de conception, l'étude de l'usage ne se limitant pas à l'observation de l'emploi réel de l'objet technique, mais concerne également une dimension plus générale que constitue

3. Nous entendons par cycle de vie la durée entre l'introduction sur le marché et le retrait du marché ou le remplacement par un autre produit. A titre indicatif, le cycle de vie actuellement évalué pour les logiciels est de 4 mois, pour les ordinateurs grand public, son évaluation varie entre 12 et 24 mois.

l'ensemble des pratiques sociales en lien avec l'objet technique.

En matière d'éducation, la nécessité d'apprécier l'impact des TUIC sur la construction des connaissances et plus largement sur l'évolution de l'enseignement revêt une importance particulière, notamment pour apporter des éléments de réponses sur le bien-fondé des investissements et des efforts consentis. Dans ce cadre, les usages sont l'objet de toutes les attentions, comme indicateur principal de la réussite d'implantation des TUIC dans le système éducatif. Emmanuel Pasquier, directeur général de Prométhéan⁴ France, analyse l'arrivée de l'objet technique innovant qu'est le TBI avant tout dans une perspective internationale et une dynamique mondiale qui profite au marché français en affirmant que sans la généralisation du TBI en Angleterre, il ne serait jamais arrivé en France. Pour lui, si les modèles économiques permettant aux industriels d'investir en recherche et développement et de produire des outils adéquats s'inscrivent au préalable dans une définition et une expression claire des besoins et de la demande, il ajoute que ce n'est pas le cas aujourd'hui [en France].

C'est donc dans ce contexte que se pose la question de la pertinence d'une analyse des usages fondée sur la prescription et inscrite dans la technique, par les constructeurs imprimant à chaque outil sa fonction, à chaque service sa finalité, auxquelles l'utilisateur se conforme ou pas. La mise à disposition sur le marché d'un dispositif technique déjà constitué expose les concepteurs à des attitudes d'utilisateurs allant du resserrement du spectre des usages prévus à leur extension en passant par leur détournement. La prise en compte de la poursuite de la conception d'un produit dans l'usage passe par la reconsidération du rôle des utilisateurs dans le processus d'innovation. C'est le cas par exemple dans les situations où les concepteurs s'inspirent des fonctions constituées créées par les utilisateurs pour les implémenter et en faire des fonctions constituantes d'une nouvelle génération de produits.

En ce qui concerne les produits logiciels, il nous semble que la prise en compte par les concepteurs d'une certaine capacité innovatrice des utilisateurs dans leurs rapports au produit est visible en partie dans la politique de mise à jour des logiciels, la dématérialisation croissante des produits logiciels ainsi que par la démocratisation de l'accès à Internet participant à faciliter ce mouvement. La mise à disposition par les constructeurs de forum utilisateurs constitue une prise d'indices sur les besoins des utilisateurs et participe à l'anticipation de la demande. Nous proposons ici un premier exemple dans une certaine mesure emblématique du processus de conception pour et dans l'usage : *l'intégration de la technologie Flash*.

4. La société Prométhéan, spécialiste des tableaux blancs, détient 40% des parts de marché, tout secteur d'activité confondu (source : PanelFuturesource 2009)

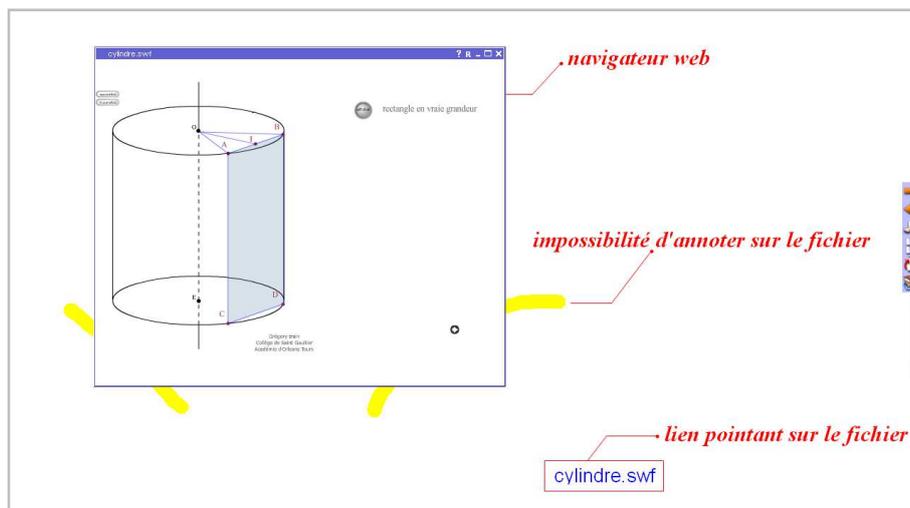
Un premier exemple illustratif du processus d'implémentation de fonctions : l'intégration des fichiers Flash.

Depuis son lancement en 1996, la technologie Flash est devenue l'une des méthodes les plus courantes pour intégrer des animations et des objets interactifs sur une page web. Les fichiers Flash, aussi appelés "animations Flash" peuvent être inclus dans une page web et lus par le plugin Flash du navigateur web. Aujourd'hui, Adobe Flash Player est devenu un plugin incontournable afin de profiter des effets graphiques intégrés dans les pages web (le taux de pénétration du Player Flash atteint plus de 99% des machines connectées à Internet ⁵).

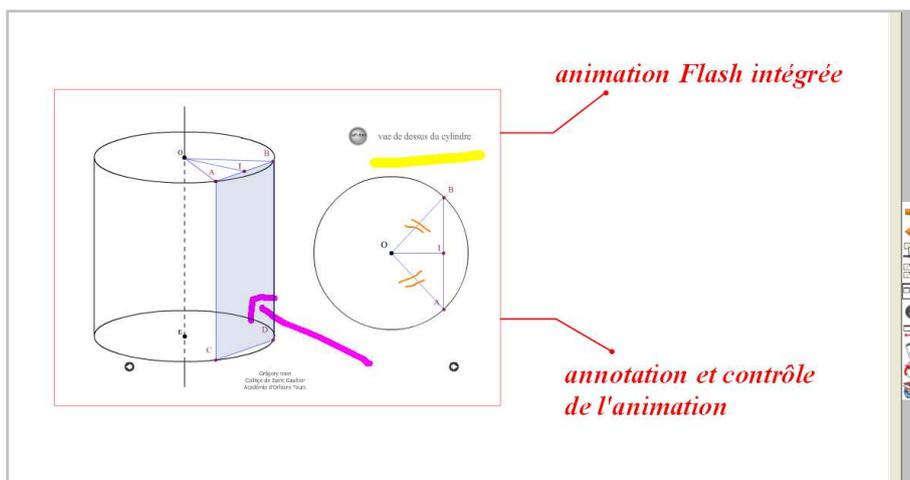
En ce qui concerne le monde de l'éducation, sous l'impulsion du ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche, 25 éditeurs privés et publics de ressources multimédia éducatives ont créé en janvier 2004 un groupement d'intérêt économique : le Canal numérique des Savoirs (CNS). Le CNS a pour vocation la construction et la diffusion d'un catalogue national de ressources multimédia éducatives utilisables dans le cadre scolaire mais également, pour certaines, au domicile des élèves et enseignants. Nombreux parmi ces éditeurs (Edumédia, Paraschool...) sont ceux qui proposent aujourd'hui des produits éducatifs basés sur la technologie Flash. Dans ce contexte, la question de l'implémentation des fichiers Flash au sein du logiciel du TBI s'est posée pour répondre à la demande des utilisateurs. Les premières versions du logiciel ActivStudio, équipant les TBI de la marque Prométhéan, proposaient l'insertion de fichiers Flash sous la forme d'un lien, lequel pointant vers l'emplacement du fichier, permettait l'ouverture de l'animation Flash non pas dans l'espace d'écriture proposée par le logiciel (le paperboard) mais dans le navigateur web de ce logiciel. Cette solution technique, d'usage peu commode, ne permettait pas de façon simple ⁶ de pouvoir annoter l'animation.

5. Source : société Adobe, mars 2009

6. A noter qu'à l'époque, une solution intermédiaire, consistant à disposer d'un calque en sur-épaisseur sur le navigateur rendait possible l'annotation sur le navigateur, laquelle était cependant perdue dès que l'utilisateur reprenant la main sur le navigateur



Une mise à jour de la version 2 du logiciel ActivStudio a permis de "naturaliser" l'insertion de tels fichiers. Il est désormais possible de les intégrer dans un paperboard, en annotant et en contrôlant simultanément l'animation.



Bilan

Ce premier exemple illustre l'inscription de l'usage d'une technologie dans un double déterminisme : celui de l'offre technique d'une part, celui des pratiques professionnelles en cours d'autre part. Appréhender l'usage en tant que processus de construction partagé entre utilisateurs et concepteurs permet alors de considérer les fonctionnalités du dispositif TBI, notamment à travers la politique de mise à jour du produit, aussi comme l'expression d'un besoin des usagers et de fonctions potentiellement constituées par les utilisateurs. C'est ce regard que nous posons sur l'outil dans la section suivante.

4.2 L'objet TBI

4.2.1 Les éléments matériels du dispositif

La technologie TBI est une technologie duale, initialement développée pour des besoins de présentations dans les réunions d'entreprises⁷, et en ce qui concerne l'école, progressivement introduit depuis la fin des années 90. Si les TBI ont d'abord été dénommés tableau électronique ou encore tableau digital, une recherche Internet montre que les termes tableaux blancs interactifs détrônent largement les anciennes appellations dans le domaine de l'éducation. Aujourd'hui, l'appellation tableau numérique interactif (TNI) coexiste au côté de ce dernier.

Si l'objet ici n'est pas de faire la liste exhaustive des différents acronymes de cette technologie, reste que ces derniers masquent en réalité deux offres technologiques distinctes. Aux côtés des tableaux blancs interactifs⁸, également dénommés TNI, TPI (tableau pédagogique interactif) ou encore simplement TI (tableau interactif), lesquels désignent un dispositif composé d'un tableau blanc, un vidéoprojecteur, un ordinateur auxquels s'ajoutent éventuellement des périphériques tels que des boîtiers de vote ou encore des tablettes, une autre solution technique, moins coûteuse, existe et permet de transformer un tableau traditionnel en surface interactive. On parle alors de DMI (Dispositif Mobile Interactif).

DEUX SOLUTIONS TECHNIQUES DIFFÉRENTES



Dispositif avec tableau dédié



Dispositif de transformation d'un tableau existant

7. Dans le monde de l'entreprise, notons que les TBI sont nettement plus implantés au Royaume Uni qu'en France, avec environ 400000 TBI utilisés au Royaume Uni contre 6000 en France.

8. Dans le monde anglo-saxon, on parle de IWB (Interactive White Board) ou de EWB (Electronic White Board). En France, l'acronyme TNI semble prendre le pas depuis peu sur la dénomination TBI, l'information portée par ce dernier, sur la couleur du dispositif, étant jugée quelque peu moins pertinente que celle qui ancre le dispositif dans le monde du numérique. Nous pensons quant à nous que ce débat doit être largement relativisé au regard des enjeux promotionnels qu'il est susceptible de servir.

DES EXEMPLES DE PÉRIPHÉRIQUES



Boitier de vote

Tablette

Concernant les solutions techniques disposant d'un tableau dédié, principalement trois technologies embarquées dans le tableau permettent de reconnaître la position du pointeur sur la surface du tableau :

- les tableaux à surface tactile : les coordonnées du pointeur sont définies à partir d'une information électrique décodée par l'ordinateur et générée par l'appui sur la surface du tableau, mettant alors en contact la surface blanche extérieure avec le support intérieur. L'écriture sur ces tableaux peut être réalisée par tout objet filiforme, y compris les doigts de la main⁹.
- les tableaux à surfaces magnétiques : la reconnaissance de la position du pointeur se fait à l'aide d'un champ magnétique généré par l'appui d'un stylet spécifique contenant de l'électronique, sur la surface¹⁰. Cette solution est relativement proche de l'utilisation d'une souris dans la mesure où il est possible de détecter l'approche du stylet indépendamment du contact.
- les tableaux à ultra-sons ou infrarouge : comme les précédents, ils nécessitent un stylet spécifique contenant de l'électronique. Pour la technologie ultra-sons, ce sont des signaux sonores dans la longueur d'ondes des ultrasons émis par le stylet et captés par le tableau qui permettent de positionner le pointeur. Pour ce qui est de l'infrarouge, le signal émis est alors optique.

Concernant enfin les autres solutions techniques ne disposant de surface interactive propre, mais transformant un tableau traditionnel en surface interactive, les capteurs à placer dans un des angles du tableau¹¹ sont de type infrarouge ou à ultrasons. Notons à ce sujet que les évolutions récentes tendent à s'orienter en direction de vidéo-projecteurs interactifs (VPI), comme point technologique central dans la classe et embarquant les fonctionnalités d'un ordinateur.

9. Cette solution technologique (technologie résistive) ne permet pas d'écrire sur le tableau avec une main posée dessus.

10. Contrairement à la première, cette solution (technologie capacitive) autorise l'écriture sur le tableau avec une main posée sur sa surface.

11. Certains constructeurs proposent des capteurs sous forme de réglette, à disposer à droite ou à gauche de la surface de travail.

4.2.2 L'élément logiciel du dispositif

Outre sa partie matérielle, le dispositif TBI dispose d'une partie logicielle, fournie par le constructeur du tableau. Ce logiciel est d'importance, puisque, au delà de sa fonction de calibrage qui assure la précision du pointeur sur la surface du tableau, il offre une palette de fonctionnalités qui vont de l'annotation de la surface à la création de présentations.

Dans la suite de l'étude, notre intérêt se portera plus particulièrement sur les fonctionnalités offertes par le logiciel fourni avec les tableaux de la marque Prométhéan. Ceci n'est pas sans appeler quelque éclairage quant aux raisons qui ont sous-tendu ce choix. Nous les explicitons ici.

La perspective théorique de cette étude conduit à l'examen des évolutions technologiques du dispositif TBI, regardées comme indices de l'expression des besoins et des usages potentiellement constitués des utilisateurs. Notre intention est alors de disposer d'un produit logiciel jouissant d'une certaine antériorité sur le marché des TBI, d'une implantation forte et d'une politique d'actualisation de ses produits suffisamment soutenue. Présent en France depuis 2000, et détenant 43,2 % de parts de marché¹² dans le secteur de l'enseignement scolaire en France¹³, la société Prométhéan affiche également trois mises à jour majeures de leur solution logicielle au cours de ces dix dernières années, garantissant par là même, un certain degré de sophistication des produits proposés. Sur ce dernier point, précisons que nous écartons toute visée comparatiste dans notre étude. En effet, si les logiciels proposés sur le marché par les différentes marques diffèrent quelque peu, ils partagent cependant un tronc commun de fonctionnalités. Ainsi, le fait de retenir pour l'étude un produit disposant d'une certaine richesse dans les fonctionnalités proposées garantit un certain degré de généricité de l'étude et permet en retour un éclairage sur l'ensemble des produits existants.

Il existe différents environnements de travail proposés par le logiciel du dispositif TBI. Nous les explicitons dans ce qui suit.

- Le premier environnement¹⁴ proposé (E1) consiste en l'utilisation du dispositif par simple clic gauche et clic droit à l'aide du stylet. Ce dernier, utilisé comme souris de l'ordinateur, permet le pilotage du PC devant la surface du tableau et autorise ainsi l'accès à tous les logiciels installés, toutes les ressources internes ou stockées sur des périphériques, qui deviennent ainsi visibles à l'ensemble de

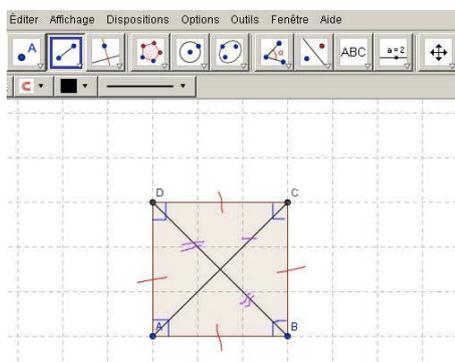
12. Source panel Futuresource - 2011

13. Deux autres constructeurs se partagent les deux places suivantes sur le marché français, eInstruction (25,2% du marché) et Smart technologies (23,5%) (Source panel Futuresource - 2011)

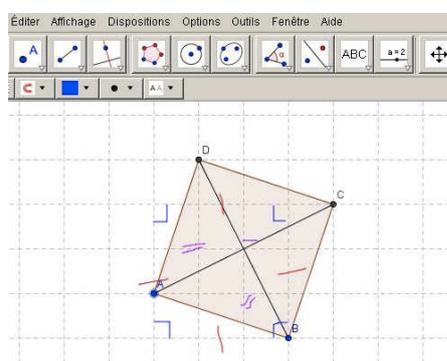
14. Notons que l'énumération des différents environnements n'implique pas dans nos propos de hiérarchie particulière.

la classe.

- Ce premier environnement peut être enrichi par les fonctionnalités d'annotation du logiciel (E1'). Il est ainsi possible de successivement piloter une application puis d'annoter par transparence le contenu provenant de cette application. Remarquons que s'il est possible de les enregistrer¹⁵, ces annotations, d'un point de vue technique, sont stockées indépendamment sur un calque transparent situé en superposition de la surface du tableau. Ainsi, si le contenu sous-jacent est déplacé ou correspond à une vue défilante, les annotations "perdent" leur contexte, comme illustré ci-dessous¹⁶.



Annotation avant déplacement



Annotation après déplacement

Remarque : certains logiciels (Géogébra 4.0) tentent de pallier en partie cela en proposant une fonctionnalité d'annotation intégrée.

- Une troisième possibilité (E2), offerte par le dispositif TBI, renvoie à une utilisation du dispositif comme un tableau classique. Il est ainsi possible d'annoter une page blanche, et d'en disposer d'autant que nécessaire pour poursuivre l'écriture. Le logiciel du TBI permet la navigation entre les différentes pages construites, l'ensemble de ce qui a été rédigé pouvant être enregistré.
- L'environnement précédent peut également être enrichi d'autres fonctionnalités du logiciel du tableau (E2'). Dans une perspective de création, un accès à une bibliothèque de ressources est proposée. Il est ainsi possible d'intégrer dans les pages blanches différents éléments (images, animations, sons, vidéos...) se comportant comme autant d'objets indépendants que l'on peut déposer, fixer ou encore déplacer. Un accès à internet dans cet environnement est également permis via un navigateur intégré. Notons enfin que des liens peuvent être asso-

15. C'est en réalité le contenu affiché à l'écran qui est sauvegardé.

16. Notons que dans cet environnement, un mode de fonctionnement quelque peu différent, consistant à figer l'image projetée sur la surface, pour pouvoir l'annoter. Il n'est alors plus possible de revenir au pilotage des éléments logiciels présents à l'écran.

ciés aux objets présents dans les pages, liens pouvant pointer vers des fichiers stockés sur l'ordinateur.

Dans ces trois derniers environnements présentés, les fichiers construits sont susceptibles d'être sauvegardés via le logiciel dans un format propriétaire. Plus précisément, deux possibilités sont offertes : l'enregistrement du déroulement des différentes manipulations et des traces écrites opérées au tableau (fichier vidéo) ou la sauvegarde du produit fini de ces différentes opérations (fichier propriétaire).

4.2.3 Les périphériques complémentaires

Il est possible de connecter différents périphériques au tableau, venant ainsi augmenter les potentialités du dispositif. Certains d'entre eux sont spécifiquement développés par les constructeurs de tableaux, d'autres sont des périphériques autonomes qu'il est possible de connecter à tout ordinateur. Nous proposons synthétiquement une distinction en quatre grandes familles.

- Des périphériques qualifiés de *contrôle distant* : dans cette catégorie se trouvent la souris sans fil et la tablette interactive. Cette dernière permet de contrôler et d'agir sur le contenu à l'écran de n'importe quel endroit de la salle de classe, offrant ainsi une plus grande mobilité à l'utilisateur dans ses interactions avec le tableau. La possibilité pour les élèves, d'annoter et manipuler les objets présents au tableau sans quitter leur place est alors possible. Cette première famille de périphériques concourt à modifier les conditions géographiques d'accès au tableau et une place traditionnellement dévolue à l'enseignant.
- Des périphériques dits de *publication* : le visualiseur, l'appareil photo numérique ou encore le scanner composent cette seconde famille. Ces périphériques permettent de transformer toute forme de ressource papier en un document numérisé visible à l'écran. Rendus publics, ces documents peuvent être manipulés et annotés. Cette seconde famille de périphériques peut notamment permettre de faciliter la mise à disposition immédiate au tableau d'une production d'élèves et son annotation en temps réel.
- Des périphériques *autonomes* : il s'agit d'ordinateurs individuels connectés au TBI. Un tel dispositif, en offrant la possibilité d'afficher publiquement en temps réel les écrans des ordinateurs des élèves, permet momentanément de faire migrer l'activité des élèves des écrans des ordinateurs vers un même espace de travail commun.
- Des périphériques *informatifs* : il s'agit de systèmes de votes distants. Connectés au TBI, ces boîtiers sans fil sont dotés d'une fonctionnalité de vote de A à

F. L'enseignant, à l'aide d'un logiciel spécifique, prépare différents types de questions, les réponses des élèves sont alors collectées et traitées statistiquement en temps réel.

4.2.4 Premier bilan

Ce premier regard porté sur l'outil laisse entrevoir un dispositif technique doté d'un logiciel d'abord générique, tourné vers la présentation de contenu et la manipulation graphique. Les différents environnements de travail proposés par le logiciel ouvrent cependant la voie à une "spécification" disciplinaire. En offrant la possibilité de présenter tout contenu disponible sur un ordinateur, notamment des logiciels disciplinaires, et de contrôler et annoter ce contenu, le dispositif TBI offre une première réponse à l'adaptation aux besoins spécifiques d'une discipline¹⁷. La fonction d'enregistrement ouvre des perspectives quant aux possibilités de retour sur le contenu traité ainsi que sur son processus d'élaboration. Reste que, d'une part, l'emploi pédagogique de ce premier ensemble de caractéristiques du dispositif n'est pas immédiatement évident à la lecture des spécifications techniques des constructeurs de TBI. D'autre part, ces fonctionnalités du logiciel ne recouvrent que partiellement les potentialités du dispositif, dès lors qu'il s'agit de considérer non pas le logiciel du TBI seul mais l'ensemble de l'*éco-système numérique*, composé entre autres, de périphériques et autres logiciels tiers. Certains logiciels permettent ainsi le partage d'écrans entre l'enseignant et les élèves, d'autres systèmes permettent aux élèves de manipuler le contenu du tableau sans se déplacer, d'autres fournissent des boîtiers de votes permettant de prendre en temps réel des informations sur les connaissances disponibles. De manière générale, les principaux revendeurs de tableaux numériques proposent leur propre solution logicielle¹⁸. Tous ces logiciels produisent des fichiers généralement incompatibles entre eux, bien que des passerelles existent dans certaines directions¹⁹. Systématiser l'emploi de logiciels ouverts permettrait de dépasser ce problème, et le développement récent de Sankoré 3.1 (ex-Uniboard) basé sur des standards ouverts, constitue une avancée dans ce sens. Ce logiciel souffre cependant encore aujourd'hui d'un déficit de fonctionnalités offertes par ses concurrents commerciaux.

Parce que ce premier regard pourrait laisser au lecteur le sentiment d'une plateforme technologique quelque peu idéalisée, car en dehors à la fois des besoins des utilisateurs et des possibilités d'investissement des établissements, notre investigation du dispositif se poursuit dans la section suivante avec l'étude des évolutions technologiques

17. Il est entendu qu'aucun logiciel générique ne peut prétendre répondre favorablement aux besoins spécifiques de chacune des disciplines enseignées.

18. Promethean a créé ActivInspire, SmartTech a créé SMART Notebook, etc...

19. A titre indicatif, un tableau de compatibilité est donné en annexe A.

du dispositif et des tendances d'usage dont elles sont porteuses.

4.3 Les évolutions technologiques du dispositif TBI

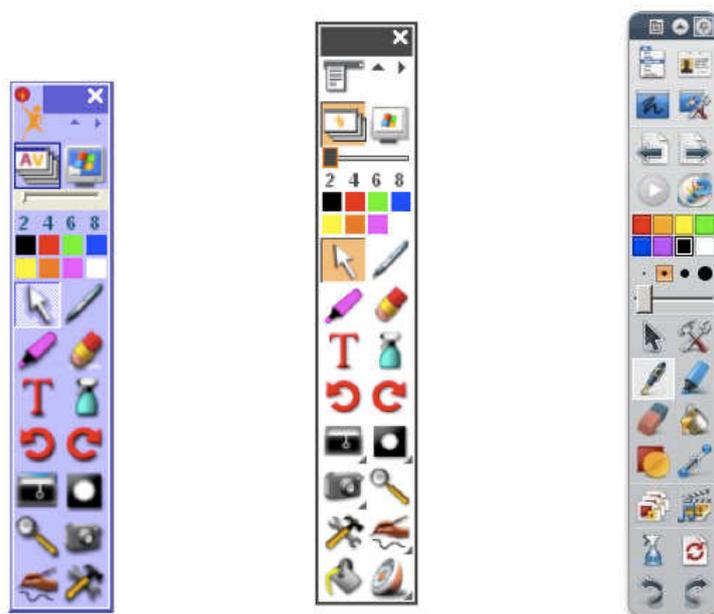
Rappelons ici que le choix de porter notre regard sur les évolutions technologiques du dispositif TBI tient en premier lieu à ce que nous considérons ces évolutions, à travers les différentes mises à jour logiciel majeures, comme des marqueurs partiels de l'expression des besoins des usagers et des fonctions potentiellement constituées par les utilisateurs.

Nous outillons cette étude de trois prises d'indices de nature différente sur les évolutions de l'outil : notre intérêt se porte d'abord sur les différents outils présents par défaut sur la palette d'outils principale du logiciel, puis dans un second temps, plus largement sur les nouvelles fonctionnalités qui sont venues progressivement enrichir le dispositif. Enfin, les modifications côté matériel de l'outil sont examinées.

4.3.1 Les outils "natifs" du logiciel

Nous désignons par outils "natifs", les outils présents par défaut sur la palette d'outils principale affichée automatiquement dès l'ouverture du logiciel. L'intérêt particulier porté à ces outils se justifie par leur présence dans la configuration constructeur de la palette d'outils²⁰. En cela, ils constituent le premier contact de l'utilisateur avec l'interface du logiciel. Nous nous intéressons ici à l'éventuel impact des mises à jour sur ces outils, et particulièrement à d'éventuelles variations d'usages prescrits par le constructeur ou encore d'éventuelles modifications opérées lors des différentes mises à jour.

20. Ces réglages constructeurs peuvent par la suite être modifiés par les utilisateurs.



Version 2 (Activstudio) Version 3 (Activstudio) Version 4 (ActivInspire)
 PALETTES D'OUTILS PRINCIPALES DE TROIS VERSIONS DU LOGICIEL

Dans le tableau suivant, sont passés en revue les outils natifs communs aux trois versions du logiciel, les exemples d'usage prescrits par le constructeur ainsi que leurs éventuelles variations d'une version à l'autre. Dans le détail des intitulés des colonnes, les exemples d'usages repérés sont ceux prescrits par le constructeur. Quant aux colonnes "variations", elles renvoient aux modifications apportés par le constructeur concernant les exemples d'usages proposés dans le guide de l'utilisateur fourni avec le logiciel.

OUTILS NATIFS COMMUNS AUX TROIS VERSIONS DU LOGICIEL				
<i>Outil</i>	<i>Usages prescrits côté constructeur dans la version 2</i>	<i>Exemples d'usages proposés par le constructeur</i>	<i>Variations version 3</i>	<i>Variations version 4</i>
Sélectionneur 	Sélectionner des objets sur la page, les déplacer, redimensionner et faire pivoter.	Aucun	Aucune	en plus du redimensionnement et de la rotation des objets, la sélection d'objets inclut par défaut un ensemble d'actions (curseur de transparence, duplication, etc...)
Stylo 	Annoter le tableau	Aucun	Aucune	Aucune
Marqueur 	Tracer sur des annotations, du texte, des images et d'autres objets avec un stylo translucide	Mettre en valeur du texte ou d'autres objets à l'aide d'une couleur translucide, afin d'attirer l'attention sur des aspects particuliers de la présentation utiliser le marqueur en jouant sur l'épaisseur du tracé pour dessiner des annotations à main levée afin de mettre en valeur des éléments spécifiques de la page	Aucune	Aucune
Gomme 	Supprimer des erreurs susceptibles de se produire lors de la réalisation d'annotations à l'aide des outils Stylo ou Marqueur	Aucun	Aucune	Il est possible de supprimer physiquement les annotations, entièrement ou partiellement, plutôt que de les masquer (ce qui était le cas dans les versions précédentes)
Texte 	Ajouter du texte pour les titres, étiquettes et notes dans vos pages	Aucun	Aucune	Aucune

OUTILS NATIFS COMMUNS AUX TROIS VERSIONS DU LOGICIEL				
<i>Outil</i>	<i>Usages prescrits côté constructeur dans la version 2</i>	<i>Exemples d'usages proposés par le constructeur</i>	<i>Variations version 3</i>	<i>Variations version 4</i>
Effaceur 	Supprimer de la page des objets	Différentes options sont proposées en fonction de la nature des objets présents au tableau : effacer les annotations, les objets, la grille, le fond ou encore la page entière.	Aucune	Aucune
Annuler 	Annuler la dernière l'action ou modification effectuée sur le paperboard actif	Aucun	Aucune	Aucune
Rétablir 	Répéter une action qui a été annulée par l'outil Annuler	Aucun	Aucune	Aucune
Outils avancés 	Accéder à un ensemble d'outils regroupés dans une palette d'outils spéciale	Aucun	Aucune	Accéder à un menu contextuel de différents outils complémentaires

OUTILS NATIFS SPÉCIFIQUES À CHACUNE DES VERSIONS				
Outil	Présence/Absence de la palette d'outils principale			Usage prescrit (côté constructeur)
	Version 2	Version 3	Version 4	
Appareil photo 	Présence 	Présence 	Absence 	Prendre une capture d'écran instantané et la placer dans un paperboard, dans le presse papier ou dans dossier Ressources.
Spot 	Présence 	Présence	Absence 	Masquer ou afficher des zones particulières de la page du paperboard
Zoom de page 	Présence 	Présence 	Absence 	Agrandir ou réduire de façon dynamique la page active
Rideau 	Présence 	Présence 	Absence 	Afficher ou masquer certaines parties de la page du paperboard.
Reconnaissance 	Présence 	Présence	Absence 	Convertir les annotations en objets de texte ou de forme ou convertir le texte manuscrit en texte dans d'autres applications
Pot de peinture 	Absence 	Présence 	Présence 	Remplissage de formes et d'intersection de formes avec une couleur ou un dégradé
Activote 	Absence 	Présence 	Présence 	Système de vote permettant de questionner simultanément l'ensemble des apprenants
Connecteur 	Absence 	Absence 	Présence 	Trace des connections entre les objets. La ligne de connexion s'adapte automatiquement lorsque l'un des objets connectés est déplacé

OUTILS NATIFS SPÉCIFIQUES À CHACUNE DES VERSIONS				
Outil	Présence/Absence de la palette d'outils principale			Usage prescrit (côté constructeur)
	Version 2	Version 3	Version 4	
 <p>Forme</p>	Absence 	Absence 	Présence 	Permet de sélectionner une forme dans un menu et de la tracer.
 <p>Rétablir page</p>	Absence 	Absence 	Présence 	Permet de rétablir l'état de la page tel qu'il était lors du dernier enregistrement.
 <p>Navigateur de ressources</p>	Absence 	Absence 	Présence 	Permet l'accès à une bibliothèque de ressources contenant par défaut des activités, des images, des formes, des vidéos...et qui peut être enrichie par l'utilisateur
 <p>Navigateur de page</p>	Absence 	Absence 	Présence 	Permet d'avoir une vue globale de l'ensemble des pages d'un paperboard, de naviguer dans ces pages et de les organiser.
 <p>ExpressPoll</p>	Absence 	Absence 	Présence 	Permet la création de questionnaires à destination des apprenants (nécessite des boitiers de vote)

Notons que les outils présentés dans ce tableau sont, pour la plupart, présents dans chacune des versions du logiciel. C'est leur présence dans la palette d'outils principale

qui est regardée. Lorsque, par ailleurs, un outil est une nouveauté d'une version ou encore a été abandonné dans une autre, nous le mentionnons.

4.3.2 D'autres évolutions du dispositif

Au delà des choix réalisés des outils accessibles dans les différentes palettes principales, les mises à jour logicielles ont été aussi l'occasion à la fois d'implémenter de nouvelles fonctionnalités ou encore d'actualiser des fonctionnalités existantes.

Différentes tendances semblent émerger des nouveautés et enrichissements successifs des fonctionnalités du logiciel. D'une part, on trouve en nombre, des modifications qui poursuivent un but d'amélioration de l'ergonomie²¹ générale de l'interface du logiciel :

- Deux nouvelles icônes  sont directement dédiées à l'insertion de média²² dans les paperboards. (en ce qui concerne les fichiers PDF, chaque page est importée sous la forme d'une image dans un paperboard)
- L'outil forme  donne l'accès à un répertoire de figures plus étoffé. Deux options de création de formes sont proposées (par déplacement du curseur à partir du centre de la forme, ou de la partie supérieure gauche) et les modifications qu'il est possible d'appliquer à ces figures ont été enrichies.
- Les options d'édition d'objets  présents dans un paperboard ont été augmentées (redimensionnement, rotation, transparence, regroupement...)

Différentes fonctionnalités offertes par le dispositif ont été regroupées et rendues accessibles au sein d'une seule et même commande. On trouve par exemple :

- le navigateur de pages  autorise l'accès à l'ensemble des pages d'un paperboard et permet de réorganiser cet ensemble ainsi que de copier des pages d'un paperboard à l'autre.
- le navigateur de ressources  combine l'accès à l'arborescence et au contenu des fichiers ressources. Des images animées peuvent dorénavant être incluses dans cette bibliothèque de ressources.
- le navigateur d'actions  permet de définir différentes actions sur les objets présents au tableau et regroupe les actions applicables à ces objets ainsi que

21. l'ergonomie est entendue ici dans son acception informatique, avec pour objectif d'assurer une meilleure compréhension et utilisation de ce qui apparaît sur l'écran par l'utilisateur

22. PDF, fichier PowerPoint en tant qu'objets ou qu'images, fichiers XML ExamView, fichiers XML IMS QTI, fichiers SMART® Notebook, éléments SMART Gallery

leurs propriétés. La sélection d'un tel objet par l'utilisateur déclenche alors l'action qui lui est associée, par exemple l'affichage d'un message, la production d'un son, la modification de la translucidité de l'objet, l'accès à une nouvelle page ou à une nouvelle ressource...

- l'agencement des éléments constitutifs de l'interface du logiciel a été également repensée et offre une structuration plus sobre avec le paperboard au centre, les navigateurs à gauche et la barre d'outils à droite.
- Deux modes d'effacement des annotations au tableau coexistent : l'outil gomme  qui permet de supprimer physiquement les annotations entièrement ou partiellement et l'outil encre magique  qui propose de masquer les objets (lesquels restent cependant présents dans le paperboard). Ce dernier outil est l'équivalent de l'outil Gomme dans les versions précédentes du logiciel.
- Une plus grande flexibilité est offerte entre la fonction d'écriture manuscrite au tableau et la fonction de sélection et de déplacement des objets sur la scène, un clic droit réalisé avec le stylet permet en effet de choisir entre l'outil "stylo" et l'outil "sélectionner" sans (re)passer par la palette d'outils.
- L'outil extension de page permet d'augmenter la surface du tableau sans être obligé de changer de page.
- La mise à disposition d'une nouvelle fonction de recherche de ressources locales permet d'indexer et d'effectuer des recherches dans les ressources créées par l'utilisateur. Cette recherche se conduit par noms et mots clés ainsi que par type de ressource.



Une autre tendance, d'autre part, se dessine à travers la volonté d'intégration de dispositifs (matériels et logiciels) au sein du logiciel du TBI :

- Le système de vote et d'évaluation des apprenants a été enrichi de nouveaux paramètres. L'accès à la création de questionnaires est résumé dans une seule commande et les informations recueillies à l'issue du vote sont augmentées (résumé global des performances de la classe, informations sur les performances individuelles, temps de réponse, affichage des non-réponses, etc...).



Rapport des réponses des apprenants Accès à l'élaboration des questionnaires

- Un nouveau système de votes (ActivEngage) permet d'utiliser des ordinateurs connectés au réseau comme unités de vote.
- Le logiciel ActivOffice permet d'implémenter certaines fonctionnalités du logiciel au sein du logiciel de présentation Microsoft PowerPoint. Une palette d'outils spécifique de diaporama permet par exemple d'intégrer au sein d'un diaporama existant des questions grâce au système d'évaluation instantanée ou encore d'annoter directement sur les diapositives.



Onglet ActivOffice de l'interface du logiciel PowerPoint

Palette d'outils diaporama

Enfin, une dernière tendance, liée aux plateformes mobiles avec le développement d'interfaces basées sur les manipulations multicontacts, se dessine. Les dernières versions du logiciel sont dorénavant²³ capables d'exploiter une manipulation multicontact et offrent ainsi la possibilité à deux utilisateurs d'interagir simultanément sur la surface du tableau.

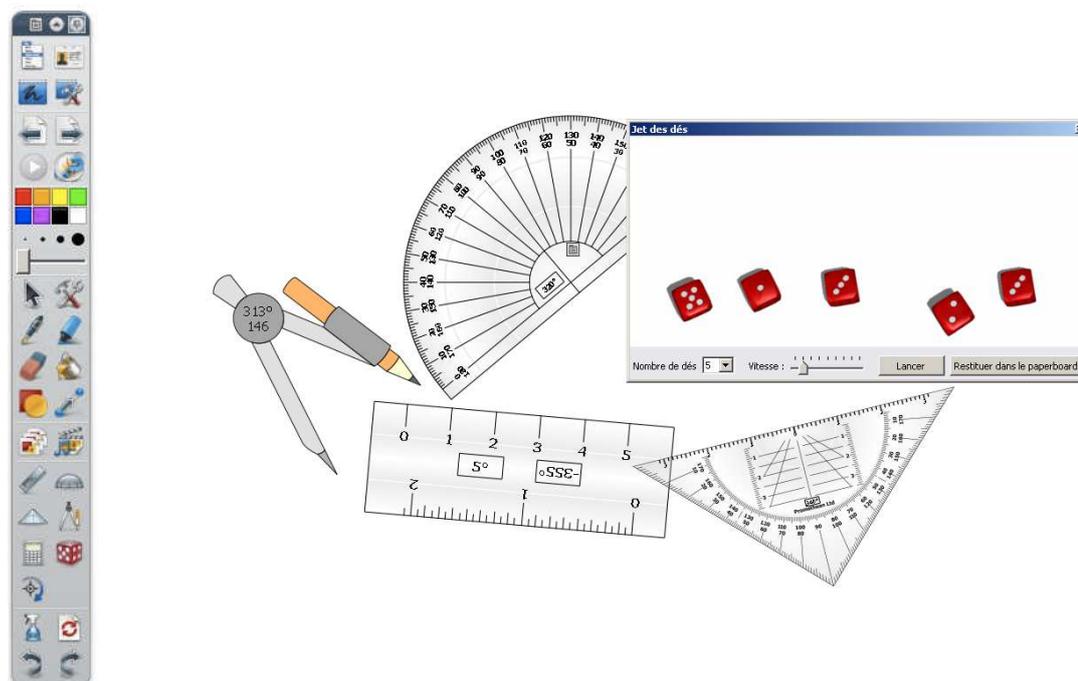
Pour terminer ce premier tour d'horizon des fonctionnalités du logiciel, nous examinons ci dessous un mode de fonctionnement particulier offert par le logiciel.

4.3.3 Le mode mathématique du logiciel

Différents outils géométriques ont été progressivement implantés dans le logiciel et leurs propriétés régulièrement actualisées (la règle , le compas , le rapporteur  et dernièrement l'équerre ...). Dans les dernières versions du logiciel du tableau est proposé un mode de fonctionnement dénommé "mathématique"²⁴. Ce mode activé modifie l'apparence de la palette d'outils principale.

23. Une restriction est ici liée aux systèmes d'exploitation utilisés, seuls les plus récents (Windows 7, Mac OSX 10.6) offrent des interfaces de programmation d'application (API) pour l'entrée de données multicontacts.

24. "Il est possible par exemple de placer le stylo du compas à gauche ou à droite, d'allonger ou de réduire ses branches. Il est également possible de disposer d'un rapporteur circulaire ou semi-circulaire.



palette d'outils
principale profil
mathématique

exemple d'outils mathématiques de la palette principale

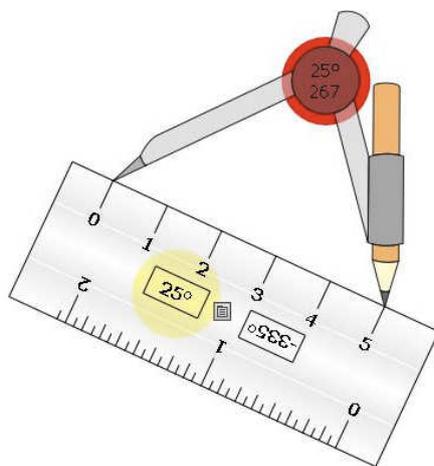
Aux côtés d'un ensemble d'outils géométriques paramétrables (règle, rapporteur, compas et équerre), l'utilisateur, dans ce mode, dispose également d'une calculatrice et d'un simulateur de lancers de dés. Deux autres fonctionnalités viennent compléter cette offre : l'éditeur d'équation qui autorise la création et l'ajout d'équations dans un paperboard ainsi que l'outil origine XY qui permet de faire pivoter tout objet présent au tableau autour d'un point choisi par l'utilisateur²⁵. L'examen des choix des concepteurs afférents à l'implémentation dans cet environnement des outils géométriques virtuels appelle quelques remarques. Si ces derniers ont été régulièrement actualisés afin de tenter de simuler avec le plus de réalisme possible le fonctionnement des outils géométriques, les dernières implémentations laissent apparaître des outils virtuels dotés de fonctionnalités sans équivalent avec les outils traditionnels.

L'illustration ci-dessous donne à voir un compas affichant (encadré en rouge dans l'illustration) la mesure de l'angle formé par ses deux branches ainsi que la mesure du rayon du cercle qu'il permet de tracer. Quant à la règle, elle affiche (encadré en orange) la mesure de l'angle qu'elle forme avec l'horizontale. Elle permet dès lors de tracer des segments formant avec l'horizontal un angle donné, tracé géométrique qui ne lui est pas habituellement dévolue (en dehors de l'environnement TBI) et qui embarque des techniques d'utilisation guère reproductibles dans un environnement

25. Et pas nécessairement le centre de l'objet.

papier-crayon. Notons également que la mesure du rayon du cercle fournie par le compas ne correspond en rien à celle indiquée par la règle.

Ce dysfonctionnement pointé (et plus encore sa non correction) interroge dès lors sur les usages effectifs de ces outils. Mais plus largement, ce que souligne cet exemple est le fait que si l'usage de ces différents outils géométriques virtuels est susceptible de servir un travail sur les gestes géométriques associés, les choix d'implémentation de ces outils dans l'environnement TBI réalisés par les constructeurs - et notamment le fait qu'ils embarquent des techniques instrumentés guère reproductibles en dehors de l'environnement virtuel - pointent un manque de précaution côté concepteur quant à la possible fonction et à l'utilité de ces outils virtuels dans une perspective d'apprentissage.



4.3.4 Second bilan

Globalement, ce second regard laisse apparaître un logiciel régulièrement actualisé à travers une politique de mises à jour soutenue. Il offre aujourd'hui un ensemble pléthorique de fonctionnalités, ce qui n'est pas sans poser le problème de l'actualisation des connaissances instrumentales des utilisateurs.

Reste qu'en investissant plus dans le détail le dispositif, certains faits permettent de nuancer ce propos. De l'étude de l'évolution technologique du dispositif semble se dessiner une première tendance autour d'un resserrement du spectre des fonctionnalités directement accessibles à l'utilisateur. La palette d'outils principale s'enrichit de fonctionnalités résolument tournées vers la manipulation et l'annotation de contenu, au profil d'autres fonctionnalités qui disparaissent (reconnaissance d'écriture, outil spot, etc...), sujettes à une instrumentation parfois laborieuse (reconnaissance d'écriture) ou encore dont l'emploi didactique n'est pas immédiatement évident (outil spot,...). Ce sont ces mêmes fonctionnalités qui ont également bénéficié d'un travail ergonomique, permettant leurs regroupements et facilitant leurs accès, confirmant ainsi cette

tendance.

L'accent mis sur une ergonomie repensée vient dès lors et en premier lieu outiller favorablement les fonctionnalités d'annotation et de manipulation de contenu. Ceci apparaît être une préoccupation forte des constructeurs, et ce, au delà même de l'aspect pléthorique des fonctionnalités offertes par l'outil, aspect qui est d'ailleurs souvent l'unique critère mis en avant pour poser un regard comparatiste sur les différentes marques de tableaux. Parce que l'ambition des TBI est d'intégrer le quotidien du professeur, cette première tendance offre la possibilité aux utilisateurs de disposer d'une palette de fonctionnalités recentrée mais susceptible de répondre aux besoins premiers des utilisateurs, et nécessitant par la même une instrumentation de l'outil relativement rudimentaire. Une seconde tendance visible tient en la volonté de faciliter et d'améliorer l'intégration de ressources tierces. Elle s'inscrit à la fois dans une perspective de soutien des pratiques instrumentées existantes (utilisation du logiciel de présentation PowerPoint), mais aussi en tant que réponse à l'apparition et au développement de nouveaux médias dans la sphère scolaire (livre électronique, animation Flash, etc...). Dans le même ordre d'idée, les possibilités d'exportation des ressources construites dans le logiciel s'inscrivent dans une perspective de diffusion via des environnements numériques de travail.

Il est possible de relever une dernière tendance du côté des constructeurs avec le développement d'extensions logicielles et matérielles venant compléter les possibilités du TBI en terme de création et gestion collective de la classe (tablettes numériques, boîtiers de vote, etc...). Faisons ici la remarque que le coût encore élevé de tels dispositifs complémentaires est susceptible de constituer un obstacle à une généralisation. De plus, ces extensions sont peu susceptibles de standardisation, puisque précisément un des moyens pour les fabricants de TBI de se démarquer les uns des autres. Notons enfin, à la marge de ces trois grandes tendances révélées à travers le prisme des évolutions technologiques du dispositif TBI, le développement d'outils spécifiques connotés disciplinairement. Dans le cas des mathématiques, si la mise à disposition de règles, compas, équerre ou encore traceur d'équations sont susceptibles de répondre à un besoin, l'ajout de certaines fonctionnalités souligne que l'anticipation de ces besoins par les constructeurs n'est pas nécessairement entièrement négociée.

De ce second bilan ressort ainsi une inflexion forte vers la mise à disposition immédiate aux utilisateurs d'outils de manipulation de contenu et de navigation, avec l'ambition de faciliter une première instrumentation du dispositif. Le canal privilégié pour spécialiser l'outil et répondre à des besoins disciplinaires particuliers s'articule autour d'une facilitation des moyens d'intégration de ressources tierces. Ce constat n'est pas sans appeler une nouvelle interrogation : qu'en est-il de la capacité de ces

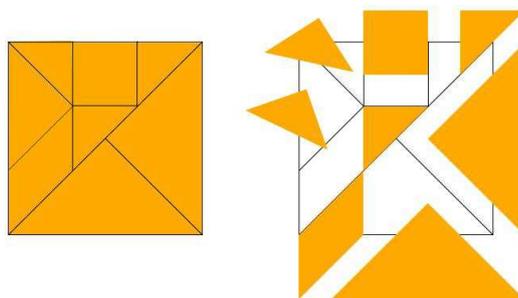
outils génériques du logiciel à accompagner la création de ressources disciplinaires pour répondre à des besoins d'enseignants dépassant ceux issus de la simple manipulation ? Et quels sont les besoins instrumentaux supplémentaires nécessaires en conséquence ? C'est ce dernier point de vue que nous traitons pour conclure l'étude générale du dispositif technique.

4.4 Besoins instrumentaux et interactivité

Nous proposons ici l'étude d'un exemple de production de ressources. Il s'agit ici de mettre à l'épreuve l'environnement de conception du logiciel TBI et les fonctionnalités dont il dispose, et ainsi interroger les besoins instrumentaux associés à cette conception côté enseignant-concepteur. Notre ambition est ici d'ériger cet exemple, à travers son caractère à la fois générique et symptomatique, en un premier point d'appui de la réflexion que nous menons dans cette section. Le choix de la ressource dont nous détaillons la production s'est tourné vers la réalisation d'un tangram. Ce choix répond à deux exigences au moins : d'une part, cette réalisation apparaît *a priori* bien outillée par les fonctionnalités de manipulation offertes par le TBI (construction de pièces, déplacement des éléments, etc...), d'autre part, ce type de matériel trouve aujourd'hui un terrain relativement favorable dans l'enseignement de certains thèmes d'étude²⁶. Cette ressource tangram est présente à ce titre dans plusieurs bases de données de scénarios intégrant le TBI. Le choix du tangram permet ainsi de questionner l'apparente simplicité du travail de conception à conduire dans l'environnement TBI.

4.4.1 L'environnement de conception du logiciel

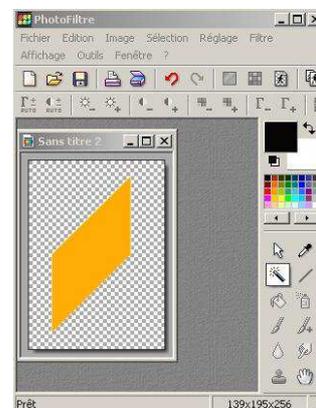
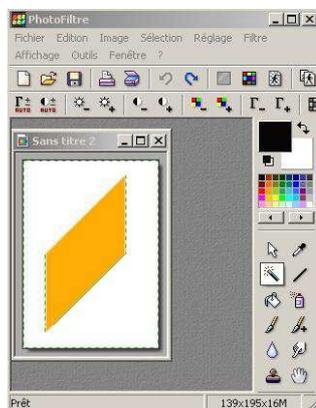
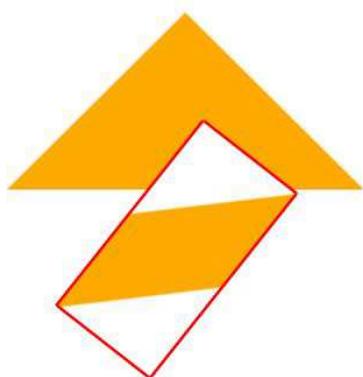
Ci-dessous est présenté le produit fini de la ressource tangram construite via l'interface du logiciel du TBI.



26. Les notions d'aire et de périmètre, la proportionnalité, le théorème de Pythagore...

TANGRAM FINAL

Nous proposons d'examiner rapidement dans ce qui suit les différentes étapes de production de cette ressource. Il s'agit tout d'abord de disposer des figures géométriques constitutives du tangram. Deux stratégies concurrentes sont possibles : la première stratégie consiste à collecter des fichiers images de ces figures au sein des bibliothèques d'images aisément disponibles sur internet ou encore de créer de tels fichiers à l'aide d'un logiciel tiers²⁷. Elle se heurte cependant à un problème de gestion de la transparence de fond des images (illustration ci-dessous), qu'il est par ailleurs possible de régler à l'aide de logiciel de traitement d'images.



Problème de transparence des images

Production d'une image avec transparence de fond

La seconde stratégie consiste à créer ces figures dans l'environnement auteur du logiciel du TBI, le choix des figures étant alors limité à la bibliothèque de figures proposée par ce logiciel.

Il s'agit ensuite de rendre accessibles à la manipulation les différentes pièces du tangram. Si par défaut, les fonctionnalités du logiciel autorisent de nombreuses options de manipulation, ici, ces dernières doivent être restreintes pour éviter toute manipulation malheureuse (de redimensionnement par exemple).

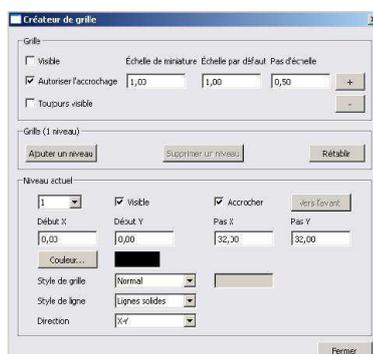
Une autre contrainte consiste à disposer de pièces s'accrochant "bord à bord" lors d'un glisser-déposer, ceci pour éviter des problèmes de chevauchement²⁸. La solution technique déployée est de forcer le positionnement des pièces sur une grille transparente. Cette solution oblige cependant à repenser la rotation des objets en la contraignant par exemple à un quart de tour par clic sur l'objet.

27. Des logiciels de construction géométriques tel que Géogébra ou encore des logiciels de dessin (Paint, etc..)

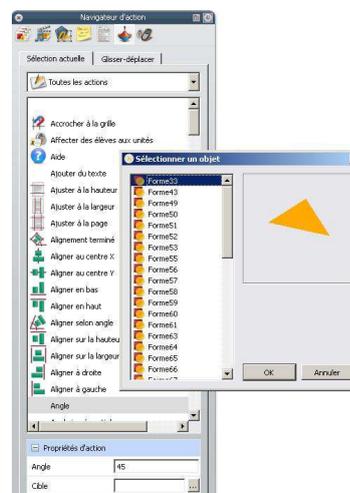
28. Nous faisons l'hypothèse ici que les problèmes soulevés par le chevauchement des pièces ne sont pas un enjeu d'apprentissage.



Gestion des
contraintes de
déplacement des
objets



Gestion de l'accrochage des
objets à la grille



Gestion particulière de la
rotation par l'action d'un clic
sur l'objet

4.4.2 Troisième bilan

Ce premier exemple illustre le fait que la réalisation effective d'une telle ressource via l'interface auteur du logiciel, si elle est rendue possible, reste laborieuse et nécessite une connaissance assez fine des possibilités du logiciel et une stratégie de conception pensée en conséquence. De manière générale, c'est la facette *concepteur* de l'enseignant que nous interrogeons ici, les besoins instrumentaux qu'elle exige et de leurs prises en charge. Derrière une apparente simplicité, se cache ainsi une complexité non soupçonnée de conception, qui embarque des techniques instrumentées élaborées, nécessitant une externalisation partielle de la conception (utilisation de logiciels tiers dans le processus de conception du tangram). Dans le même temps, ce sont des concepteurs du logiciel TBI qui s'efforcent d'alimenter cette apparente simplicité de conception, rendant dès lors cette complexité difficilement soupçonnable. Certains sites, et à notre connaissance un seul, tentent de proposer une réponse à ces besoins. C'est par exemple le cas du site *Médiafiches*²⁹ proposé par l'académie de Créteil avec comme objectif annoncé d'acquérir une bonne maîtrise du logiciel fourni avec le tableau. Pour servir cet objectif, sont proposées en consultation différentes fiches qui permettent de "*découvrir et s'approprier une à une les fonctionnalités du logiciel*", même si par ailleurs, les thèmes traités dans les fiches demeurent souvent des tâches de conception relativement aisées, convoquant une instrumentation simple

29. Disponible à l'adresse : <http://mediafiches.ac-creteil.fr/spip.php> (consulté le 20 janvier 2012)

de l'outil, et laissant de côté des tâches de conception plus élaborées³⁰ qui obligent la combinaison de fonctionnalités au service d'actions plus complexes.

L'existence même d'un tel site souligne à la fois la nécessité d'une prise en compte de besoins instrumentaux spécifiques relatifs à l'usage du dispositif et dans un même temps, de certaines limitations des possibilités offertes par l'outil.

Ce premier exemple exhibé met ainsi en lumière une question plus générale qui concerne le potentiel interactif des dispositifs TBI. En guise de conclusion de cette section, nous proposons donc d'examiner la question du I de l'acronyme de ces dispositifs.

Sans entrer dans le détail, mais suffisamment pour éclairer notre propos, disons d'abord quelques mots sur l'adjectif interactif dont tout dispositif technologique nouveau semble aujourd'hui s'affubler. Si le mot interactivité a d'abord renvoyé à une simple caractéristique technique des machines informatiques³¹, une première distinction est ensuite proposée entre interactivité fonctionnelle et interactivité intentionnelle dans un contexte d'intégration de l'informatique dans l'enseignement et d'une perspective de travail individualisé, d'utilisation en autonomie :

- l'interactivité fonctionnelle est celle qui *"permet à l'utilisateur de rétroagir sur le programme [...] gérant la communication entre l'utilisateur et la machine"*,
- l'interactivité intentionnelle, quant à elle, *"gère la communication entre l'utilisateur et l'auteur du logiciel, présent à travers ses choix de contenu [...], de structure [...], de navigation, de rhétorique, de contrat énonciatif"*. (Jacquinot 1997)

Cette dernière dimension de l'interactivité apparaît dès lors comme un critère d'appréciation de la valeur interactive de média informatiques, et en premier lieu de didacticiels, dans le traitement qui est fait par l'environnement logiciel des réponses de l'apprenant et de la valeur des feedbacks renvoyés par l'interface. Autrement dit, ce sont les potentialités de l'interface du logiciel de simuler une interaction réelle qui sont valeur d'appréciation de son caractère interactif. Dans cette perspective, certains auteurs (Chanier 2000; Lebrun 1999) proposent de distinguer différents degrés d'interactivité allant de la simple exécution par le logiciel d'instructions élémentaires indiquées par l'utilisateur (degré 1 d'interactivité) à des rétroactions du logiciel qui cherchent à recréer des conditions d'un dialogue avec l'apprenant (degré 3 d'interactivité).

Dans la littérature sur le TBI, un point d'accord semble exister autour des potenti-

30. En annexe B, sont présentées différents thèmes traités dans ces fiches ainsi qu'un exemple d'instrumentation de l'outil pour la construction de calques masquants.

31. Balpe propose de "parler d'interactivité chaque fois que l'utilisation d'un programme informatique fera appel à l'intervention constante d'un utilisateur humain" (cité par Julia 2003)

tés du dispositif pour orchestrer et soutenir les interactions sociales entre les différents acteurs de la classe. Ce point d'accord se fait cependant au détriment d'un regard sur les potentialités du dispositif de création de ressources permettant de prendre en charge certaines de ces interactions.

En effet, si la conception de ressources pour des environnements et des configurations plus traditionnels, se résumant à un apprenant seul devant une machine, nécessite de penser cette conception en terme de rétroactions fortes de la ressource construite, permettant l'analyse des réponses des apprenants par la ressource et venant soutenir la relation dialectique entre l'apprenant et la machine³², l'usage du TBI en classe, quant à lui, ramène à des perspectives davantage collectives. Dans ces perspectives plus collectives d'usage de l'outil TBI, l'exigence dans le travail de conception et de rétroactions des ressources apparaît plus réduit, la médiation de l'enseignant étant susceptible de se substituer à ces rétroactions (possiblement manquantes) des ressources. Ainsi, si l'accent est plus volontiers mis sur les interactions didactiques enseignant-élèves qu'offre le dispositif TBI, reste qu'évacuer trop rapidement du débat les possibilités techniques de l'outil dans la conception de ressources et de leur potentiel de rétroaction risque de conduire à l'économie d'une réflexion sur l'activité de conception de l'enseignant de scénarios de classe et des ressources qu'il choisit en conséquence dans cet environnement pour le conduire. A cet égard, un des critères de choix des offres logiciels de TBI devrait s'intéresser aussi à la capacité de ces logiciels à soutenir la conception de ressources offrant des rétroactions³³ et le cas échéant, la capacité de ces mêmes logiciels à intégrer des ressources externes assumant ce rôle.

4.5 Synthèse de l'étude du dispositif technique

De ce portrait du dispositif, il convient de retenir différents éléments. Et d'abord de dire qu'au delà de la technologie embarquée dans le matériel, le dispositif TBI se caractérise en premier lieu par les fonctionnalités du logiciel qui en permettent le pilotage et plus largement l'éco-système numérique qu'il est possible de lui associer. La volonté côté concepteur de rendre l'outil accessible aux enseignants avec une exigence d'instrumentation rudimentaire est marquée. Par ailleurs, et parallèlement à cette exigence, nombreuses sont les intentions des concepteurs d'actualiser et d'enrichir la palette des fonctionnalités de ce dispositif. Si le dispositif est susceptible de répondre favorablement à certaines intentions didactiques des enseignants à travers

32. Ces mêmes rétroactions devant assumer une certaine exigence d'autonomie dans le soutien de la relation apprenant-machine.

33. A minima, les feed-back proposés par les logiciels TBI sont des feed-back auditifs et visuels (en cliquant sur un élément une réponse auditive ou visuelle est produite)

les possibilités d'annotations, de mémoire des travaux menés en classe, ou encore d'affichage de réalisations d'élèves, l'accès à certaines de ces fonctionnalités permettant d'opérationnaliser ces mêmes intentions exige le couplage du dispositif à d'autres périphériques.

Plus largement, la nécessité de rendre l'outil flexible et susceptible d'adaptations à des besoins disciplinaires spécifiques exige des utilisateurs de dépasser une instrumentation rudimentaire. Ceci reste à la charge des utilisateurs. L'activité de conception qu'ils ont dès lors à conduire dans ce nouvel environnement est susceptible d'être contrainte à la fois par le temps d'investissement, les limitations techniques de l'outil mais également par la connaissance des ressources tierces existantes et leur compatibilité avec cet environnement. Autrement dit, c'est l'instrumentalisation du dispositif, définie comme un processus d'enrichissement des propriétés de l'artefact par le sujet, et qui, dans le cas du TBI, passe par l'attribution de nouveaux objets à l'artefact dans une tâche de conception, qui est susceptible de souffrir de ces mêmes contraintes.

Ce regard porté sur l'outil permet ainsi de mettre à jour l'existence d'une tension potentielle entre une instrumentation rudimentaire favorisée par les concepteurs et une instrumentalisation du dispositif, plus fine, qu'exige la conception d'activités d'enseignement intégrant l'outil.

L'activité de conception conduite par les enseignants dans cet environnement n'est pas non plus sans soulever la question de la structuration des ressources produites et de l'examen dans cette conception de ce qui relève de l'élaboration d'un milieu a-didactique et de ce qui relève de l'organisation de l'interaction didactique (quelle partage des responsabilités prévues entre l'enseignant et la ressource ? quels critères de construction de ressources retenir pour amener les élèves à interagir ensemble ? etc...)

Avant de s'intéresser aux trajectoires empruntées par les enseignants utilisateurs de l'outil et avant d'examiner plus finement les déterminants qui pèsent sur les intentions didactiques que les enseignants prêtent à l'outil TBI, le regard que nous venons de poser sur ce nouvel objet technique appelle en amont le règlement de plusieurs questions :

- d'une part, la nécessité d'investir les attentes institutionnelles à l'égard de l'outil : quelles sont-elles ? sont-elles suffisamment explicitées pour accompagner les enseignants dans l'usage des TBI ? sont-elles sensibles à des besoins instrumentaux spécifiques liés à son usage ?
- d'autre part, de disposer d'un premier regard sur les ressources mises à disposition des enseignants : quelles sont ces ressources ? comment sont-elles construites ? dans quelle mesure prennent-elles en compte des besoins instrumentaux spéci-

fiques ?

Nous abordons l'étude de ces deux blocs de questions dans la suite de ce chapitre.

4.6 Regards institutionnels sur le TBI

Il existe une réelle volonté institutionnelle d'intégrer les TUIC dans les pratiques et les programmes³⁴ en France. L'adoption d'un nouvel outil technologique par l'institution est un processus réglé, débutant par un discours tenu sur le mode de la recommandation et du souhaitable, qui tire parti d'une phase d'expérimentation et d'innovation de l'outil menée parallèlement, et se terminant par l'inscription dans les programmes dans un registre injonctif³⁵.

Ce processus d'intégration, lorsqu'il se réalise, se produit sur un temps relativement long. Force est de constater, encore aujourd'hui, l'absence de mention du TBI dans les textes officiels.

L'investigation conduite dans cette section tentera de pallier cet état de fait en empruntant trois chemins distincts, convergeant vers un même but, celui d'investir la position institutionnelle d'intégration des TBI en classe de mathématique. Nous les détaillons successivement dans ce qui suit.

4.6.1 Modalités d'intégration des technologies dans les programmes

Présentation et analyse

En l'absence de mention des TBI dans les programmes, le premier terrain d'investigation consiste en l'étude de la manière dont ces textes officiels accompagnent l'intégration des TUIC. Dans le détail, il s'agit de repérer dans les programmes les mentions relatives à l'usage des TUIC et lorsque cela est rendu possible, de préciser les modalités d'intégration prévues par l'institution. Nous relevons en particulier parmi les moments où il est fait explicitement référence à l'usage d'un tableur ou d'un logiciel de construction géométrique dans les programmes, quels types de modalités d'usage sont implicitement ou explicitement incités par l'institution³⁶. Par exemple, concernant les logiciels de géométrie dynamiques, nous cherchons à savoir s'il s'agit de montrer aux élèves une utilisation possible de ce type de logiciels pour faire des

34. Les instructions officielles étudiées dans ce chapitre sont celles en vigueur depuis 2010

35. L'exemple du tableur, que nous ne détaillons pas ici est particulièrement représentatif de ce phénomène.

36. Pour nous, la mention dans les programmes d'une manipulation des logiciels de la part des élèves renvoie plutôt à une utilisation en salle informatique.

mathématiques (et dans ce cas, quelle utilisation est préconisée), ou bien encore si une certaine maîtrise de ces logiciels par les élèves est exigé³⁷. Il s'agit *in fine* d'examiner dans quelle mesure cette intégration peut nourrir celle du TBI dans la classe de mathématique.

Nous reproduisons ci-dessous un exemple d'une telle analyse sur deux niveaux de classe du collège (quatrième et troisième). Ce choix se justifie par le fait que les analyses conduites sur les autres niveaux n'apportent pas d'informations supplémentaires quant aux modalités d'intégration des TUIC envisagées institutionnellement.

EXEMPLE D'ANALYSE DES PROGRAMMES DES CLASSES DE QUATRIÈME ET
TROISIÈME DE COLLÈGE.

Les programmes de mathématiques actuellement en vigueur en quatrième et troisième font apparaître quatre grands domaines d'étude : le domaine des nombres et calculs, le domaine de la géométrie, un domaine composite intitulé organisations et gestions de données, fonctions et un quatrième domaine, grandeurs et mesures, empruntant sa matière aux trois autres domaines. Ces différents domaines étant découpés en secteurs d'étude, eux-mêmes découpés en thèmes d'étude. Pour chacun des niveaux d'enseignement, sont précisés en en-tête, les objectifs généraux du programme.

Ces derniers parlent de "moyens modernes de communication" pour désigner la technologie utilisée en classe. Cette terminologie recouvre différents outils qui sont précisés par la suite : ordinateurs, calculatrice, instruments actuels de calcul, de dessin et de traitement, audiovisuel... Leur utilisation est recommandée "chaque fois que leur usage est justifié", la mise en œuvre des objectifs du programme "étant enrichie par leur emploi". L'utilisation d'outils logiciels est jugée "particulièrement importante", en particulier une première indication sur leurs modalités d'utilisation est indiquée : "L'utilisation d'outils logiciels [...] doit être privilégiée chaque fois qu'elle est une aide à l'imagination, à la formulation de conjectures ou au calcul " Nous fournissons dans le tableau suivant les propositions d'usage des TICE recommandées dans les programmes dans les différents domaines des classes de 4e et de 3e. Plus précisément, nous nous appuyons sur un découpage en secteurs et indiquons pour chacun d'entre eux, s'il est fait mention de l'usage des TICE et précisons le cas échéant les usages recommandés par l'institution. Aussi, nous indiquons toute mention des TICE dans chacun des préambules accompagnant chaque domaine d'étude

37. Ce type de distinction semble renvoyer à des modalités d'intégration différentes des TUIC, modalités que le programme juge "indispensables" et qu'il résume de la manière suivante : "l'usage d'un vidéoprojecteur en classe et l'utilisation par les élèves d'ordinateurs en fond de classe ou en salle informatique."

Classe de quatrième du collège	
<i>Organisation et gestion de données, fonctions</i> : le préambule de ce domaine mentionne les tableurs-grapheurs comme moyen permettant d'enrichir le travail sur la notion de variable	
Utilisation de la proportionnalité	L'utilisation de la calculatrice est mentionnée, notamment lors du calcul d'une quatrième proportionnelle
Proportionnalité	Absence de référence
Traitement de données	Deux capacités sont mentionnées : créer, modifier une feuille de calcul, insérer une formule - créer un graphique à partir des données d'une feuille de calcul Le tableur permet un traitement direct des calculs de moyenne.
<i>Nombres et calculs</i> : sont mentionnés la calculatrice et l'ordinateur lors de la pratique du calcul numérique	
Calcul numérique	Utilisation des touches puissance et de la touche inverse de la calculatrice
Calcul littéral	Absence de référence
<i>Géométrie</i> : aucune mention concernant les TUIC	
Figures planes	La touche $\sqrt{\quad}$ de la calculatrice est mentionnée
Configurations dans l'espace	Les logiciels de géométrie permettent de manipuler des images dynamiques, notamment celle du cône ou de la pyramide
Agrandissement et réduction	L'utilisation d'un logiciel de construction géométrique est mentionnée dans des activités de construction.
<i>Grandeurs et mesures</i> : aucune mention concernant les TICE	
Aires et volumes	L'utilisation réfléchie de la calculatrice est mentionnée
Grandeurs quotients courantes	Absence de référence
Classe de troisième du collège	
<i>Organisation et gestion de données, fonctions.</i> : l'usage du tableur-grapheur est mentionné comme contribuant à la mise en place du concept de fonction	
Notion de fonction	Absence de référence
Fonction linéaire, fonction affine	Absence de référence
Statistiques	L'utilisation d'un tableur permet d'avoir accès à des situations plus riches que celles qui peuvent être traitées "à la main"
Notion de probabilité	Absence de référence

<i>Nombres et calculs : sont mentionnés la calculatrice et l'ordinateur lors de la pratique du calcul numérique</i>	
Nombres entiers et rationnels	Les tableurs et les logiciels de calcul formel peuvent être exploités avec profit dans le cadre de l'étude d'un algorithme de recherche du PGCD de deux nombres entiers.
Calcul élémentaire sur les radicaux	La touche $\sqrt{\quad}$ de la calculatrice est mentionnée
Écritures littérales	Absence de référence
Équations et inéquations du premier degré	Absence de référence
<i>Géométrie : il est fait mention du recours à des logiciels de construction géométrique (par les élèves ou de manière collective) notamment lors de l'approche d'une notion ou de résolution de problèmes</i>	
Figures planes	L'utilisation d'un logiciel de construction géométrique permet de créer des situations d'approche ou d'étude du théorème de Thalès et de sa réciproque. Ce même outil est envisagé dans des activités de construction.
Configurations dans l'espace	L'utilisation de logiciels de géométrie dans l'espace permet de conjecturer ou d'illustrer la nature de sections planes de solides et contribue à mettre en place des images mentales.
<i>Grandeurs et mesures : aucune mention concernant les TUIC</i>	
Aires et volumes	Absence de référence
Grandeurs composées, changements d'unités	Absence de référence

Répartition des différents outils TUIC cités dans les différents domaines d'étude

	Calculatrice		Tableur		LGD	
	4 ^e	3 ^e	4 ^e	3 ^e	4 ^e	3 ^e
Organisation, gestion de données	★		★	★		
Nombres et calculs	★	★		★		
Géométrie	★				★	★
Grandeurs et mesures	★					

Synthèse

De cette première étude deux constats peuvent être d'ores et déjà établis. Si l'institution prescrit l'usage des TUIC dans plusieurs domaines, en proposant de manière inégale des exemples d'utilisation, elle reste muette sur leur usage dans d'autres, et laisse donc à la charge de l'enseignant de mener une réflexion sur les fonctions potentielles que les TUIC pourraient assurer dans ces domaines. Cette réflexion reste, par

ailleurs, nécessaire à un usage quotidien du TBI dans la classe. Le second constat que nous faisons tient en ce que dans les domaines du programme explicitement concernés par l'utilisation des TUIC, les modalités d'intégration renvoient plus largement à une utilisation en salle informatique. On assiste ainsi à un resserrement des modalités de mise en oeuvre collective des TUIC. Là encore, la réflexion à conduire pour intégrer l'usage du TBI dans ces domaines ne peut que faiblement s'appuyer sur les recommandations des programmes officiels.

Au delà de ces deux constats, chercher à connaître la position institutionnelle à l'égard de l'outil TBI conduit, en l'absence d'autres précisions dans les programmes, à élargir notre recherche documentaire à des textes connexes aux programmes officiels : rapports de l'inspection,.. en somme toute publication à caractère officiel. Ceci constitue le deuxième chemin emprunté.

4.6.2 Position institutionnelle : première approche

Présentation et analyse

Dans cette section, deux textes seront analysés, et à notre connaissance, ils épuisent la liste des publications à caractère officiel traitant du TBI.

Le premier écrit est un extrait des actes du séminaire national "Utilisation des outils logiciels pour l'enseignement des mathématiques", qui s'est tenu à Paris, les 5 et 6 février 2007, dans le cadre du programme national de pilotage, en collaboration avec l'Inspection générale de l'Éducation nationale de mathématiques. Plus précisément, dans un compte rendu d'atelier consacré aux usages pédagogiques du TBI en mathématiques, sont décrits très brièvement quelques usages. C'est sur la conclusion de ce texte que nous nous arrêtons plus particulièrement.

La seconde publication est un article intitulé "Tableau blanc interactif en mathématiques, un outil qui facilite l'apprentissage ?" publié dans la revue en ligne *Mathématique*, daté du 29 novembre 2008 et republié par la suite dans la revue Repères IREM en janvier 2009 sous le même titre (Fréal 2009). Il tire son originalité du fait que cet écrit constitue le témoignage d'un inspecteur de l'éducation nationale, en visite dans une école, qui relate les pratiques qu'il a observé, d'un enseignant utilisant le TBI en mathématiques. Est mentionnée notamment la description d'un épisode de classe de calcul réfléchi se déroulant avec des élèves de CM1-CM2. C'est l'analyse qu'en propose l'auteur que nous examinerons plus dans le détail.

Nous nous sommes employés, dans l'analyse de ces deux écrits, à relever les opinions exprimées à l'égard de l'outil TBI.

Extrait des actes du séminaire national

Dans les conclusions de l'atelier, le TBI est jugé *"intéressant"*. Il est précisé que *"son utilisation n'est pas une fin en soi"* et qu'il peut constituer *"une entrée motivante dans les usages des TICE et dans l'utilisation de logiciels en classe pour les enseignants"*. Du côté des besoins instrumentaux liés à son usage, on note que si *"sa prise en main nécessite un accompagnement"*, son *"utilisation en classe peut se faire de manière progressive, ce qui permet aux enseignants de prendre rapidement de l'assurance"*.

Dans ces mêmes actes, deux positions, relativement proches l'une de l'autre, mais, nous semble-t-il, assez différentes de celle évoquée précédemment, sont données. Georges-Louis Baron³⁸ situe le TBI comme *"une technologie compatible avec le système tel qu'il est, un outil commode pour l'enseignant, dans la lignée des systèmes de présentation assistée par ordinateur"*. De son côté, Jean-Louis Durpaire³⁹, en se référant à une situation vécue dans une classe de CM1, indique que *"le TBI permet une bonne visualisation des constats et des démarches utilisées"* Il note, en revanche, que *"le passage à l'abstraction résulte essentiellement et même exclusivement du dialogue constructif que le maître engage avec ses élèves"*.

Extrait de l'article publié dans les revues *Mathematice* et *Repère Irem*

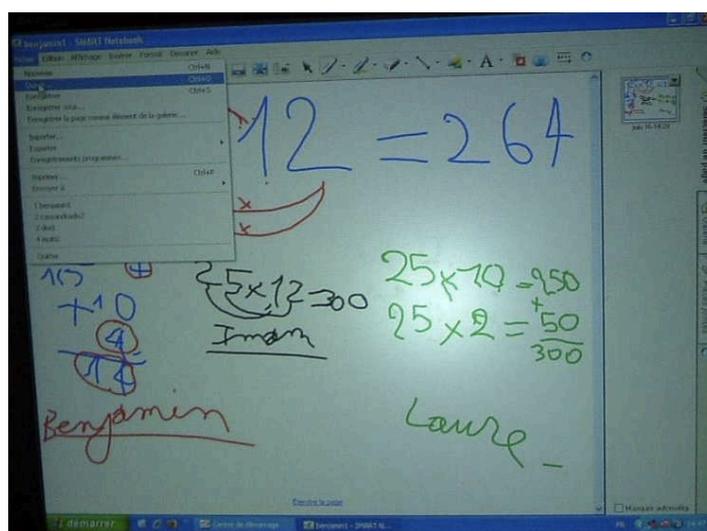
L'article propose l'analyse de trois situations d'enseignement. Ces situations sont choisies pour *"mettre en évidence des aspects pédagogiques intéressants, facilitant l'acquisition des procédures de calcul réfléchi"*. Nous nous arrêtons en particulier sur la deuxième situation présentée : il s'agit de *"résoudre en ligne seulement la multiplication 25×12 "*. La description du déroulement effectif de la séance permet à l'auteur de dégager les vertus du TBI entrevues : *"le TBI est utilisé pour échanger autour des productions écrites et analyser les écrits produits"*, il sert à *"relancer les échanges, demander des compléments d'information, valider"*. Dans le même ordre d'idées, le TBI vient supplanter d'autres moyens d'enseignement : la trace écrite retenue et issue de ces négociations est qualifiée de *"moins formelle et fastidieuse que celle obtenue après un travail de groupe en recherche sur une grande feuille de papier dont la consigne est de produire sur un support affiche lisible pour être lue au tableau par un élève du groupe"*.

Reste que, dans cet article, tout semble se passer comme si les avantages entrevus de l'outil prenaient le pas sur l'analyse de la situation d'enseignement proposée aux élèves. On apprend en effet, au fil de la lecture que la seule procédure visée, illustrée

38. Professeur des universités à Paris V

39. Membre de l'inspection générale, groupe enseignement primaire

et retenue lors de cette séance reste la distributivité simple, au détriment d'autres mettant en oeuvre des décompositions multiplicatives ($25 \times 12 = 100 \times 12 : 4$ ou encore $25 \times 12 = 25 \times 4 \times 3$) pour le moins aussi pertinentes et plus économiques au regard du calcul proposé. Certes, l'apparition de telles procédures dépend des connaissances disponibles des élèves, mais à minima, le choix de l'enseignant relatif aux facteurs du produit est à questionner et, de toutes les façons, c'est au moins une occasion perdue d'enrichir le répertoire multiplicatif des élèves.



AFFICHAGE AU TABLEAU DES PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Synthèse

Cette seconde étude permet d'exhiber deux principales attentes attachées à l'outil TBI, lesquelles dans une certaine mesure, n'apparaissent pas nécessairement compatibles.

- D'une part, pouvons-nous voir la place qui semble être donnée au TBI, apparaissant explicitement comme moyen privilégié de familiariser et d'inciter les enseignants à l'usage des différents logiciels disciplinaires. Derrière cette première espérance institutionnelle, il nous semble pouvoir être lu une espérance à plus long terme, de voir dès lors, un usage par les élèves de ces mêmes logiciels, et des enseignants mieux à même d'accompagner la construction de cet usage⁴⁰. Si cette seconde espérance n'apparaît pas déraisonnable, le caractère de causalité de ces deux faits est nous semble-t-il à questionner et ne va pas nécessairement de soi⁴¹.

40. Cette interprétation apparaît assez légitime, étant entendu que l'institution tient comme compétence nécessaire aujourd'hui l'usage et la maîtrise des TUIC par les élèves.

41. Ici, c'est le rôle du TBI comme porte ouverte sur la salle informatique, permettant l'usage systématique des logiciels par tous les élèves qui apparaît pointé. Or, si le mouvement salle de

- D'autre part, apparaît également un outil commode, appelant peu de besoins instrumentaux, qui trouve aisément sa place dans les pratiques existantes, et qui permet de mieux outiller et faciliter des pratiques basées sur la mise en scène d'interactions entre l'enseignant et les élèves.

Dans cette seconde étude, ce sont des espoirs institutionnels liés à l'arrivée des TBI aux contours apparaissant encore peu véritablement dessinés qui s'affichent et dans une certaine mesure quelque peu contradictoires. L'arrivée de cette technologie dans les classes est à la fois regardée comme peu problématique, s'inscrivant aisément dans les pratiques existantes, mais dans le même temps, une arrivée qui doit également pouvoir assumer un espoir de changement autour de la densification de l'usage des technologies, à la fois par l'enseignant et *in fine* par les élèves.

De ce constat naît la nécessité d'investir un troisième chemin que nous empruntons dans la section suivante.

4.6.3 Positionnement institutionnel : seconde approche

Présentation et analyse

En l'absence d'attentes institutionnelles aux contours clairement lisibles, s'affirme la nécessité d'examiner la position du corps d'inspection de mathématiques, précisément parce qu'il a la charge, d'une part, de décliner ces attentes en terme d'exigences relatives aux pratiques de l'outil TBI dans l'enseignement, et d'autre part, parce qu'il accompagne le développement de ces mêmes pratiques. La voie de l'inspection a été entendue par l'intermédiaire de trois de ses représentants, lesquels ont été choisis dans deux académies relativement bien dotées en TBI, et géographiquement très étendues. Ce choix devait permettre d'interroger l'existence d'un consensus à la fois sur le plan national mais aussi sur un plan local.

Les points de vues posés sur l'outil TBI par les trois interviewés sont susceptibles d'être, au delà de leur qualité partagé d'inspecteurs pédagogiques régionaux, aussi le reflet des fonctions actuelles occupées par chacun d'eux, mais également le reflet de leurs trajectoires personnelles respectives. S'affiche dès lors la nécessité de préciser quelque peu, en amont de l'analyse, les postures de chacun, notamment dans la perspective qui est la nôtre d'interroger les éventuels consensus et points de distorsion qui sont susceptibles d'apparaître dans les propos recueillis.

Ainsi, le premier inspecteur (Paul) occupe cette fonction depuis une quinzaine d'années. Son expertise autour des différents objets technologiques introduits dans l'en-

classe-salle informatique semble celui privilégié par l'institution, il semble que ce soit le mouvement inverse qui a été aussi repéré, motivé par les contraintes liées à la gestion du matériel et aux incidents techniques en salle informatique.

seignement s'est de ce fait construite partiellement à travers le regard de ses tâches d'inspection des enseignants. En se qualifiant lui-même de non spécialiste dans le domaine des TBI, il peut être regardé comme un représentant non expert de l'inspection par rapport à ces questions technologiques nouvelles.

Le second interviewé (Sébastien) occupe depuis récemment la fonction de conseiller TICE auprès du recteur. Il préside à ce titre le centre académique des technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (CATICE) en charge en particulier des questions d'équipement des établissements et peut être considéré comme un représentant de l'institution sur ce thème.

Enfin, le troisième inspecteur questionné (Yves), s'il est aujourd'hui en charge auprès du ministère des questions sur le déploiement du socle commun au collège, a cependant piloté et animé un groupe académique de personnes ressources TUIC depuis quelques années qui a en particulier accompagné le déploiement des TBI dans toute une académie. Il reconnaît ainsi avoir bénéficié de l'expertise didactique des membres du groupe. Ainsi, s'il est comme le précédent porté par l'institution, il s'inscrit également dans une attitude plus réflexive sur la question des TBI dans l'enseignement. Notons enfin que tous ces inspecteurs se situent dans un contexte actuel de moyens de formation continue restreints.

Des entretiens de durées variables (entre vingt minutes et plus d'une heure) ont permis de soumettre à l'institution un ensemble de questions dans le but, d'une part, de vérifier certaines inférences relatives à la difficulté de mise en place d'un consensus sur les attentes de l'intégration des TBI dans l'enseignement des mathématiques, et d'autre part, de questionner la sensibilité de l'institution à des besoins instrumentaux spécifiques liés à l'usage de cette technologie. Dans le détail, trois types de questions ont été posées :

- Le questionnement a d'abord porté sur les attentes de l'entrée d'un tel outil dans les classes. Il s'agissait notamment de connaître si des effets à la fois sur les pratiques, sur l'apprentissage ou sur l'enseignement de certains thèmes d'études étaient souhaités.
- Un second questionnement a porté sur les critères d'évaluation des séances intégrant l'usage des TBI. Il s'agissait ici de préciser les premiers propos. Nous avons en particulier demandé d'agrémenter les réponses fournies de récits d'épisodes d'inspection, ceci dans le but de délimiter plus finement ce qui était attendu dans les usages du TBI de ce qui ne l'était pas voire clairement proscrit.
- L'entretien s'est poursuivi autour des éventuelles inquiétudes liées à un déploiement large de cette technologie puis, plus directement, une question concernant l'existence de besoins d'accompagnement des enseignants dans l'usage des TBI

a été posé. Il s'agissait ici de connaître si des besoins particuliers étaient cernés, et le cas échéant, quels étaient ces principaux besoins et quelles actions de formation étaient éventuellement conduites pour y répondre.

L'analyse des entretiens a consisté à relever ces divers éléments dans les propos tenus par les différents interlocuteurs. Leur croisement a permis de repérer les points d'accord ainsi que les déclinaisons régionales qui étaient susceptibles d'apparaître. Enfin, nous avons mis en regard ces informations avec certains résultats issus de l'analyse de la littérature existante afin de mieux prendre la mesure de la situation française, à la fois en terme d'attentes et d'anticipation des besoins. L'intégralité des entretiens est proposée en annexe C.

Synthèse des entretiens

A travers ces entretiens, notons en premier lieu qu'apparaît clairement une institution qui ne s'est pas encore donnée les moyens d'établir un consensus autour des attentes de l'entrée des TBI dans les classes : *"je crois qu'il faut reconnaître que les attentes de l'institution ne sont pas d'une grande précision sur cet outil"*. Corollairement à cet état de fait existent des positions régionales qui, si elles partagent un dénominateur commun, laissent apparaître certaines déclinaisons spécifiques. Du côté des attentes partagées, le TBI est vu d'abord comme un vecteur d'intégration des TUIC dans l'enseignement : *"Donc ça c'est un premier point, accompagner l'usage des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques"*. En particulier, l'utilisation des logiciels institutionnellement plébiscités (tableur, LGD...) devant les élèves à l'occasion d'activités mathématiques est vue comme permettant de les former aux possibilités de ces logiciels et à leurs modalités de fonctionnement : *"Le tableur et les LGD qui font partie eux des objectifs officiels, de formation des élèves, ces outils sont avec le TBI, tout de même souvent sollicités et ils peuvent servir de première familiarisation"*. On trouve également l'idée commune d'un outil qui contribue à la construction d'une image positive de la discipline : *"c'est un outil qui permet d'enseigner les mathématiques de façon un peu plus attrayante"*. Est associée également à l'usage du TBI la possibilité qu'il puisse favoriser les interactions et les échanges entre les élèves et l'enseignant dans la classe de mathématique. Il s'agit de montrer que le travail mathématique des élèves - *"poser des questions, réfléchir, chercher un problème"* - n'est pas seulement une *"activité aussi individuelle et fermée que ça peut l'être quand un élève est invité à prendre des notes ou réfléchir tout seul devant sa feuille"*. L'usage du TBI apparaît ainsi associé à une stratégie d'enseignement plébiscitant des démarches collectives, s'appuyant sur les capacités des élèves, mis en interaction, à échanger à propos des stratégies utilisées par chacun pour réaliser

une tâche mathématique. L'outil TBI est ainsi vu comme un artefact permettant de mieux outiller les capacités de l'enseignant dans l'organisation et l'animation de telles situations d'échanges. Une dernière attente partagée, mais qui reste encore dans le champ prospectif, réside dans le couplage du dispositif TBI avec des environnements numériques de travail (ENT). L'enjeu est ici double : disposer des fonctionnalités d'un ENT et réduire la frontière entre le travail en classe et à la maison.

Au delà de ce système d'attentes partagées apparaissent cependant certaines spécificités. Quand, pour Sébastien et Paul, ce sont d'abord les potentialités de visualisation collective de l'outil qui sont mises en avant : *"il me semble qu'à l'heure actuelle, l'outil indispensable est un appareil à vidéo-projecteur relié à un ordinateur"*, le dispositif TBI étant jugé compatible avec les pratiques en place : *"les enseignants ont une façon de mettre en oeuvre leur enseignement, c'est leur liberté pédagogique et c'est aussi à chaque enseignant d'utiliser l'outil au service de leurs pratiques pédagogiques"*, pour d'autres, en revanche, des attentes sont plus clairement explicitées. L'usage du TBI est ainsi qualifié par Yves d'optimale *"dans une certaine pédagogie qui n'est pas la pédagogie transmissive finalement. Une bonne expertise de cet outil se met au service d'une approche socio-constructiviste."* Ce sont les potentialités de mémorisation offertes par le dispositif qui sont regardées comme susceptibles de participer à la modification de la manière d'appréhender l'enseignement d'un thème d'étude, et ceci dans deux directions :

- d'abord globalement, l'enregistrement et le stockage de l'ensemble du travail effectué au tableau permet à l'enseignant de pouvoir le convoquer tout au long de l'année, autant que de besoin, en recontextualisant les connaissances jusqu'alors construites et en les remobilisant dans des contextes nouveaux. Cette possibilité de mémorisation sur le long terme est jugée d'autant plus efficace qu'elle sera mise au service d'une *"progression des apprentissages spiralée"*, un geste professionnel par ailleurs institutionnellement attendu, et pour lequel l'enseignant est invité à organiser tôt dans l'année une première rencontre avec les *"grands thèmes de l'année"* à travers la mise en place de situations de référence, qui seront revisitées et enrichies à chaque nouvelle rencontre : *"tous les plus grands thèmes de l'année vont être étudiés et à plusieurs reprises [...] le fait de mémoriser sur le TNI lors du premier passage au cours du premier trimestre et de pouvoir le convoquer autant que de besoins lors du passage deux ou du passage trois lors du deuxième ou du troisième trimestre me paraît être d'une richesse tout à fait intéressante."*
- ensuite, plus ponctuellement, la mémorisation de productions d'élèves recueillies au tableau permet de faciliter la mise en regard des raisonnements conduits et

de cerner leur domaine de validité : *"leur production sont rendues beaucoup plus facile à confronter avec ce genre d'outils [...] il est très facile de les juxtaposer, de revenir sur la première, de comparer les différences d'approches et éventuellement les avantages et les inconvénients de chacune d'elles"*. In fine, les potentialités de mémorisation trouvent ici un terrain favorable dans la place et le traitement que l'enseignant est susceptible d'accorder à la diversité des procédures.

Une dernière spécificité tient en les rapports entretenus entre le travail conduit en salle informatique et celui effectué dans l'environnement TBI de la classe. Si la complémentarité et les spécificités de chacun de ces deux dispositifs de travail sont unanimement reconnus, pour Sébastien, le TBI autorise de *"faire manipuler au moins un élève au tableau, en classe entière sans que l'on ait à déplacer toute une classe en salle informatique, ce qui pose toujours plein de contraintes, matérielles, organisationnelles, et qui freine donc la fréquence de ce genre de dispositif"*, alors que pour Yves, c'est un autre mouvement qui est d'abord souhaité, l'usage du TBI devant demeurer une porte ouverte sur des séances de classe organisées en salle informatique.

Ce premier constat de la difficulté de mise en place d'un consensus aux frontières bien dessinées laisse cependant place à un jugement commun sur les écueils d'ores et déjà constatés de l'entrée de l'outil TBI dans les pratiques enseignantes. Jugé d'outil de confort, le TBI peut conduire *"à figer le cours et le rendre encore plus statique, quand par exemple, un professeur prévoit un cours dans le quel il fait défiler un diaporama"*. Tout se passe ici comme si certaines potentialités de l'outil, facilitant une visualisation collective, permettant de libérer l'enseignant de l'espace du tableau ou encore offrant des possibilités de préparation en amont, potentialités par ailleurs repérées, étaient non pas mises au service des attentes institutionnelles, mais concouraient à conforter des pratiques largement ostensives. Yves fait par exemple état d'un épisode observé au cours d'une inspection : *"j'ai observé une fois en terminale S un professeur qui faisait un cours de probabilités, alors on était là plutôt sur un usage, je ne dirai pas nul, je dirai contre-productif du TNI. C'est à dire que tous ses cours étaient effectivement informatisés, au sens que prêts dans des logiciels de traitement de texte, enregistrés dans la mémoire de l'appareil, et le cours se déroulait, le cours qu'il avait donc rédigé en word en l'occurrence en laissant quelques trous, on était dans un document à trous, et bien ce cours se déroulait devant des élèves, et lui, en gros le lisait en le commentant, et puis les élèves le copiaient, cela avait été une séance assez atterrante"*. A travers ce récit d'épisode d'inspection, ce type de pratiques, susceptibles d'apparaître, est plus largement qualifié de *"piège"*, laissant aux enseignants une *"impression que les élèves étaient très studieux mais qui n'étaient pas en éveil"*

intellectuel. On a là une illusion de tenue de classe, mais une tenue sur des objets qui ne sont pas ceux que l'on souhaite". Le second écueil partagé concerne la politique d'équipement des établissements en TBI. L'effort consenti par les collectivités pour doter les établissements en TBI n'est pas toujours négocié avec les représentants institutionnels, donnant lieu à la fois à des disparités (établissements sous-équipés, sur-équipés : "*c'est un constat, j'ai vu parfois des TNI dans une salle, mais plus dans les lycées que dans les collèges, oui, il est là, on ne sait pas trop quoi en faire, on en a reçu tellement que... c'est un peu dommage*"), des enseignants non accompagnés : "*c'est plutôt construit comme une campagne de communication en direction des familles ou de l'institution pour montrer que l'établissement est dynamique ou que le conseil général est attentif à l'éducation, et on se retrouve parfois avec des professeurs qui se retrouvent munis d'un TNI comme ça sans aucune formation*" ou même encore à des salles de classe qui se voient déposséder des anciens tableaux : "*moi j'ai vu un certain nombre d'établissements dans lesquels il y a eu comme ça plusieurs salles équipées d'un seul coup de TNI, d'une façon un peu systématique, et les gens ont, d'autorité, posé le TNI à la place de l'ancien tableau, tableau qui a donc été démonté, et donc dans la salle subsiste un et un seul TNI*"

Ce regard convergeant porté sur les risques potentiels d'un déploiement de cette technologie laisse cependant apparaître un diagnostic porté sur la situation différent. Et ceci n'est pas sans conséquence sur les besoins de formation entrevus pour soutenir ce déploiement.

En effet, pour Sébastien et dans une moindre mesure pour Paul, le TBI vient s'insérer dans des pratiques pédagogiques existantes ("*c'est aussi à chaque enseignant d'utiliser l'outil au service de leurs pratiques pédagogiques*"). Dès lors, les besoins d'accompagnement déployés se focalisent sur des aspects techniques : "*le besoin d'une prise en charge technique, il est satisfait actuellement, on met largement en oeuvre des formations de prise en main de l'outil*", au détriment d'une prise en charge concernant des usages attendus : "*je crois qu'il y a un certain nombre d'enseignants qui, lorsqu'ils ont pris connaissance des possibilités de l'outil, sont quand même capables par eux mêmes de voir comment il peut servir leurs pratiques pédagogiques*". Ce besoin d'accompagnement sur les usages n'est pas jugé prioritaire et c'est même sa portée qui est questionnée : "*Même si on va le faire, est-ce que ça va correspondre réellement à la façon de faire de chaque enseignant dans la classe, c'est pas évident. Et même si c'est le cas, je suis pas sûr, voilà, que ce soit une révélation pour beaucoup d'enseignants*".

Pour Yves, c'est une position quasi orthogonale qui s'affiche. Un développement massif de la technologie TBI non accompagnée d'actions de formation sur les usages

est ressentie comme une "crainte", avec un risque accru de voir les attentes institutionnelles largement non réalisées : *"Le risque, c'est quand même que les choses s'installent, encore une fois sans la formation, auquel cas, on a un risque que, en apparence, tant que l'on n'entre pas dans la classe, on a l'impression que tout va bien. [...] Ce n'est pas l'outil que je mets en cause, mais c'est le défaut de formation qui fait que l'effet de cet outil peut être nul voire même contreproductif"*. Le dispositif de formation déployé est dès lors construit autour de l'accompagnement des usages de l'outil et d'une grille de positionnement de ces usages⁴², et décliné en deux demi-journées avec pour objet principal l'accompagnement des formés dans des différents niveaux d'expertise. Dans cette perspective, la maîtrise technique de l'outil n'est pas une priorité : *"le professeur qui va venir en tant que formateur pour faire avancer les équipes va certainement apporter un certain nombre d'éclairages et résoudre quelques soucis techniques, mais le fond sur lequel on propose aux gens de travailler, c'est quand même de se mettre en activité sur des questions professionnelles d'usage du TNI au service de la pédagogie et de tous les jours dans la classe"*, et ceci même lorsque la demande de formation est sur le terrain des fonctionnalités techniques, la réponse de formation étant systématiquement annoncée comme prenant en compte cet aspect en second plan. Notons que ce dispositif d'accompagnement n'est dispensé que sur des équipes enseignantes disposant d'un équipement en TBI : *"ça ne sert à rien de le faire avant, un an ou deux avant"*.

Terminons ce regard croisé en investissant un dernier point dont ces entretiens permettent l'accès qui est celui de l'état actuel du déploiement des TBI et de ces effets sur le système d'enseignement vu par les yeux d'acteurs institutionnels que sont les inspecteurs pédagogiques régionaux.

Les propos recueillis laissent apparaître un outil TBI qui ne semble pas souffrir d'autres formes de résistance que celles entretenues par des enseignants globalement réfractaires à l'usage des TUIC : *"En ce qui concerne les mathématiques, je ne vois pas de résistance forte du moins en grand nombre, on a bien quelques professeurs qui sont toujours en délicatesse avec l'outil informatique en général, mais globalement, les professeurs de mathématique à qui on installe un TNI dans leur classe à demeure, très majoritairement se disent très satisfaits et trouvent extrêmement*

42. quatre niveaux d'usage sont repérés dans cette grille, le premier consiste à utiliser le TBI à la manière d'un vidéoprojecteur. Un autre niveau correspond à l'usage de tableurs et de LGD. Quant aux derniers niveaux de la grille, ils sont ceux "à partir duquel le TNI est quand même tout à fait exploité dans ces fonctionnalités, c'est ce que j'ai dit tout à l'heure concernant la mémorisation, et l'idée aussi que c'est un vrai espace de recherche auquel les élèves sont habitués, c'est à dire que les élèves passent très facilement au tableau, ont une certaine familiarité avec l'usage des instruments qui vont avec, et ils sont capables éventuellement d'utiliser quelques fonctions du tableau, pour agrandir, pour organiser leurs présentations, qui soient quand même des particularités ou des spécificités du TNI"

confortable l'installation de cet outil dans leurs classes". La politique d'équipements en TBI des établissements semble profiter à la discipline : "Il est vrai que, ce que je constate dans les établissements, les mathématiques font partie des disciplines que les chefs d'établissements ont tendance à privilégier pour l'attribution des TNI, assez souvent avec les professeurs de langues vivantes et d'histoire-géographie". Reste que le devenir de cet outil dans la classe et le développement d'un usage qui serait mis au service des attentes institutionnelles n'est pas systématique et problématique : "le problème quand même, c'est que la montée en puissance dans les différents niveaux d'usage peut être très lente voire même ne se fait pas". C'est d'ailleurs globalement ce type d'usage qualifié de "non expert" qui est majoritairement constaté : "c'est des usages que je vois fréquemment dans les inspections, et d'ailleurs, quand on ne fait pas attention, que l'on est spectateur inspecteur au fond de la classe, à un certain moment, je suis obligé de faire attention pour prendre en note le fait que c'est un TNI, et non pas un simple vidéoprojecteur puisqu'il m'arrive de terminer des séances en me disant, tiens, je n'ai pas fait attention, est-ce que c'était un TNI ou un vidéo-projecteur, et dans ce cas là, ça signifie bien que les usages qui ont été fait de l'outil n'étaient pas caractéristiques du TNI"

4.6.4 Discussion

Il apparaît ainsi que le système d'attentes institutionnelles porté sur le déploiement de la technologie TBI est certes teinté d'un souhait de modification des pratiques enseignantes mais ce sont aussi des différences de points de vues qui s'expriment dans les entretiens conduits, liées aux trajectoires personnelles des inspecteurs, et qui soulignent la fragilité d'une ligne de conduite institutionnelle clairement tracée.

Ces différences se font particulièrement grandes quand il s'agit de penser le dispositif d'accompagnement des enseignants dans le développement des usages du TBI. Elles laissent place à de grandes disparités régionales. Pour Sébastien, conseiller TICE auprès du recteur, en charge des questions d'équipement informatique des établissements, et dans une moindre mesure pour Paul, IPR depuis une quinzaine d'années, une formation technique à l'outil est jugée largement suffisante pour accompagner les usages de l'outil. Pour Yves, en revanche, pilote d'un groupe académique de personnes ressources TUIC depuis plusieurs années, cette condition est juste nécessaire et doit être complétée par un dispositif de formation spécifique pour accompagner les usages de l'outil, dispositif qu'il met d'ailleurs en oeuvre dans son académie.

L'effet espéré de l'arrivée de ces outils sur ces modifications reste par ailleurs difficile à lire. Avec un outil qui est par ailleurs jugé comme *"s'inscrivant dans des pratiques existantes"* et *"laissant le registre didactique et pédagogique des enseignants en*

l'état", l'option d'un accompagnement uniquement technique de l'outil laisse entièrement aux enseignants la charge de la construction d'usages susceptibles de répondre aux attentes institutionnelles par ailleurs aux contours encore à préciser.

En cela, nous interprétons l'usage majoritairement repéré de l'outil, consistant en l'utilisation via l'interface du TBI de logiciels institutionnellement plébiscités (LGD, tableurs) comme une première lecture faite par les enseignants des attentes institutionnelles d'utilisation des TBI. Reste que d'autres lectures sont souhaitées, avec des usages mettant en oeuvre en particulier les potentialités de mémorisation de l'outil, mais ces dernières sont difficiles d'accès, même soutenues par des actions de formation. Cet état de fait se justifie à nos yeux, d'une part, parce ces usages exigent de penser des organisations didactiques élaborées, construites sur le long terme, et en cela susceptibles d'être éloignées des pratiques existantes et d'autre part, parce que ces usages sont susceptibles, dans la durée, de dépasser une première instrumentation rudimentaire de l'outil et de convoquer des besoins instrumentaux spécifiques. Dès lors, sont susceptibles d'apparaître des trajectoires non contrôlées d'usagers des TBI, parfois orthogonales aux attentes institutionnelles, ce qui est d'ores et déjà constaté. Ce phénomène est d'autant plus probable dans un plan d'équipement en TBI des établissements qui n'est pas toujours négocié avec à la fois les acteurs que sont les inspecteurs et les enseignants eux-mêmes.

L'expérience anglaise peut ici être utilement mise en regard avec l'état du système français. Avec des attentes institutionnelles qui partagent une ambition commune de modification des pratiques enseignantes, les premiers écueils constatés dans la situation française dépeinte montrent une certaine proximité avec ceux rencontrés chez nos voisins. En effet, et même si une première instrumentalisation de l'outil semble se tourner assez rapidement vers l'usage de logiciels de géométrie dynamique ou de tableurs, ce qui constitue en soi une spécificité française qui trouve une explication dans une volonté institutionnelle plus ancienne de développement de l'usage de tels outils dans les pratiques, il n'en demeure pas moins la difficulté de dépasser ces premiers usages avec un risque d'effet de seuil voire d'apparition d'usages non souhaités, renforçant une posture ostensive de l'enseignement.

Au delà de ce constat, l'anticipation des besoins d'accompagnement des enseignants est quant à lui en deçà des efforts consenties dans l'expérience anglaise, dans laquelle, rappelons le, la stratégie déployée a visé un soutien massive de formation continue du personnel enseignant en matière d'intégration pédagogique des TUIC et conjointement une réforme des pratiques enseignantes dans laquelle les évolutions souhaitées offrent une niche écologique favorable à la technologie TBI. Face à la non garantie de l'identification et l'exploitation des potentialités des TBI, la réponse britannique

a ainsi été de rediriger l'attention des enseignants non pas que vers la technologie elle-même, mais aussi vers les pratiques enseignantes. Si certains dispositifs de formation décrits plus haut tentent d'emprunter ce chemin, cela reste à une échelle toute relative. L'usage des TBI majoritairement rencontré par le corps d'inspection tend à montrer qu'une niche écologique accessible à cette technologie dans le système français réside dans l'utilisation de logiciels, tableurs et LGD en premier lieu, qui jouissent d'un plébiscite institutionnel antérieur et soutenu par ailleurs. Ceci n'est pas sans soulever des questions de spécificité et de complémentarité du travail conduit avec ces logiciels dans les deux environnements que sont la salle de classe et la salle informatique. Ce n'est pas non plus sans appeler une clarification institutionnelle du mouvement souhaité et des interactions attendues entre ces deux lieux.

Un dernier point reste à conduire pour épuiser la comparaison du système français en matière d'assistance au déploiement des TBI avec celui de nos voisins : les ressources mises à disposition. Avec une politique britannique de soutien aux autorités scolaires locales en matière de mise à jour du parc informatique et de ressources associés, la question de l'état de la situation française se pose. Au cours des différents entretiens, un premier sentiment sur la question était lisible : *Les enseignants vont aussi bien puiser dans Educ'base que dans quelque chose, comment ça s'appelle déjà, Sésamath et tout ça. Disons que ce n'est pas la matière qui manque*". C'est précisément la question de l'offre que nous étudions dans la section suivante.

4.7 Les ressources

Questionner l'offre nécessite en amont d'en délimiter les contours. En particulier, la constitution d'un premier corpus de données et d'outils de description et d'analyse de celui-ci se pose. Notre première intention s'est portée sur les scénarios pédagogiques intégrant les TBI disponibles à travers les bases de données institutionnelles existantes : *PrimTice* et *Educ'base*. Tout en sachant que les scénarios indexés dans ces bases ne sont pas représentatifs de toutes les pratiques pédagogiques des enseignants ayant recours au TBI, il est possible d'argumenter qu'ils représentent la plus importante base de données dans ce domaine en France et qu'ils contiennent les pratiques de nombreux acteurs de terrain. Aussi, dans un souci d'exhaustivité, l'ensemble des fiches de scénarios présentées a été pris en compte.

L'étude de cette offre institutionnelle s'effectuera en différents épisodes. Après un rapide regard quantitatif sur les deux bases, notre attention se portera plus spécifiquement sur la base de données *Educ'base*. L'étude spécifique de cette dernière se centrera sur les scénarios d'usage à destination des enseignants de collège. Nous in-

terrogerons en particulier, à travers son actualisation et les modifications récentes qui lui ont été apportées, les conséquences que cela est susceptible de comporter en matière d'accessibilité et d'utilisabilité de l'offre proposée.

4.7.1 Etude quantitative des bases institutionnelles

Présentation des bases PrimTice et Educ'base

Le projet PrimTice a été créé en décembre 2003, à l'initiative de la Direction de la Technologie/Sous Direction des TICE, du ministère de l'éducation nationale. Dans ce cadre, plusieurs opérations favorisant le développement des TUIC ont été lancées, et notamment l'opération TBI, avec le déploiement de plus d'un millier de tableaux dans les écoles maternelles et élémentaires.

Ce projet, qui avait pour visée de donner une meilleure visibilité des pratiques existantes, de les mutualiser et de fournir des exemples d'activités pédagogiques aux enseignants du premier degré (SDTICE 2006), a permis l'élaboration d'une base de scénarios pédagogiques classés par discipline/thématique. Cette ressource est accessible sur le site national d'Educnet mais également depuis les sites développés par les services déconcentrés (rectorat et inspection académique). L'indexation dans la base PrimTice fait suite à la rédaction par des enseignants repérés sur le terrain, par des animateurs TICE, d'un scénario pédagogique validé par les inspecteurs de l'éducation nationale.

La base Educ'base, quant à elle, donne accès aux enseignants du second degré, à des exemples d'usages à et de pratiques publiés sur les sites académiques disciplinaires placés sous la responsabilité de groupes d'enseignants pilotés par des IA/IPR. L'indexation est le résultat de travaux d'enseignants de la discipline et permet des recherches fines en liaison avec les programmes, les types d'activités (notamment B2i), les outils et logiciels utilisés, les niveaux et les types d'enseignement (salle informatique, etc...)

Premier regard quantitatif des deux bases - étude réalisée en 2010

La structure des fiches présentes dans les deux bases répond à un cahier des charges identique, et contient des descripteurs du scénario pédagogique : description, thème, niveau, académie... ainsi qu'un lien vers le scénario lui-même, c'est-à-dire un ensemble des documents contenant de manière non exhaustive, la description détaillée de l'activité, des copies d'écran, des fichiers informatique nécessaires au déroulement de l'activité... L'analyse conduite ici consiste à quantifier les scénarios impliquant l'usage du TBI, et à mettre en regard ces résultats avec l'effort d'équipement entrepris

dans l'une et l'autre des institutions primaire et secondaire.

Résultats

Concernant la base PrimTice, sur les 280 scénarios mathématiques répertoriés, 103 mentionnent l'usage du TBI. Plus précisément, nous indiquons dans le tableau suivant la répartition par cycle :

<i>Cycle d'apprentissage</i>	<i>Cycle 1</i>	<i>Cycle 2</i>	<i>Cycle 3</i>
Nombre de scénarios total	154	37	89
Nombre de scénarios mentionnant l'usage du TBI	8	13	55
Pourcentage de scénarios mentionnant l'usage du TBI	5%	35%	61%

Concernant la base Educ'base, sur les 577 fiches descriptives répertoriées, 25 mentionnent l'usage du TBI. Ces dernières renvoient à un ou plusieurs scénarios mathématiques hébergés sur des sites académiques. Plus précisément, nous indiquons dans le tableau suivant la répartition par niveau de classe :

<i>Niveau d'enseignement</i>	<i>6^e</i>	<i>5^e</i>	<i>4^e</i>	<i>3^e</i>
Nombre de scénarios total	110	142	223	306
Nombre de scénarios mentionnant l'usage du TBI	8	0	5	12
Pourcentage de scénarios mentionnant l'usage du TBI	7,3%	0%	2,2%	3,9%

Le nombre de scénarios impliquant l'usage du TBI apparaît ainsi plus important⁴³ dans la base PrimTice, et si l'on fait l'hypothèse que ce résultat traduit la fréquence d'utilisation du TBI en classe, ce dernier point ne semble pas être conforme aux nombres de TBI déployés, plus important dans le secondaire. Ce premier constat ne doit cependant pas conduire à des conclusions trop hâtives sur une adoption forte de ces outils de institution primaire et d'une certaine réticence à l'égard de cette technologie entretenue par l'institution secondaire. Certains éléments permettent en effet de moduler ces propos. D'une part, plusieurs départements impliqués dans le projet PrimTice se sont engagés à fournir des retours d'usage du tableau, d'autre part, les conditions d'installation et d'exploitation des TBI au sein des établissements du secondaire (usage fléché en direction d'un seul enseignant, d'une équipe disciplinaire, d'une équipe pédagogique ou encore mise à disposition de l'outil pour l'ensemble du personnel enseignant dans une salle spécifique...) ne sont pas suffisamment accessibles

43. En nombre et proportionnellement au nombre total de scénarios publiés

dans la littérature pour tenter d'expliquer les différences quantitatives observées en mathématique entre les deux bases de données.

En tout état de cause, au delà de cette comparaison entre les deux bases, on note que le pourcentage de scénarios mentionnant l'usage du TBI reste encore relativement faible. Certains niveaux d'enseignement laissent en particulier apparaître une quasi absence de tels scénarios.

4.7.2 La base Educ'Base en détail

La base Educ'Base a été marquée, en 2011, par le sceau d'un changement sensible de son interface, des ressources présentées ainsi que des critères de recherche d'accès à ces ressources. L'objectif poursuivi dans cette section est double :

- D'une part, il s'agit de proposer une description des ressources présentées dans la base avant sa refonte. En particulier, la première analyse consiste à quantifier les scénarios impliquant l'usage du TBI, et à mettre en relation différents descripteurs des ressources pour produire une analyse qualitative des données. L'objet est d'investir ici la représentativité des domaines ou thèmes mathématiques abordés, les logiciels éventuellement utilisés, les éventuelles potentialités de l'outil mise en avant. Il s'agit de se donner la possibilité d'entrevoir d'éventuelles régularités dans la conception des ressources, dans le niveau d'instrumentation que leurs usages convoquent. Il s'agit également d'examiner quelle est la place et le rôle du TBI accordé dans la scénarisation envisagée de la séance, et des effets attendus de l'usage de l'outil. A cet effet, chacun des scénarios de cette base a fait l'objet du renseignement d'une grille de lecture. Nous détaillons plus bas la conception d'une telle grille en précisant les descripteurs que nous nous sommes donnés pour conduire cette première caractérisation des ressources.
- D'autre part, il s'agit de repérer les modifications apportées à la base après sa refonte et d'examiner les éventuelles conséquences de ces changements sur l'accessibilité et l'utilisabilité des ressources intégrant l'usage du TBI.

Première étude (avant la refonte)

Conception et renseignement de la grille de lecture

Il s'agissait, dans un premier temps, de disposer d'une grille de lecture simplifiée permettant de repérer les principales caractéristiques des scénarios de la base. Les critères de recherche proposés dans l'interface par défaut ont servi de premier repérage. Dans le détail, sont précisés ci-dessous les items possiblement renseignés par les concepteurs des ressources et correspondent au choix proposés dans la base. Notons

que ces critères peuvent être renseignés par les auteurs de manière cumulative (par exemple, l’item cadre d’utilisation peut cumuler les entrées TBI et vidéoprojection)

Académie :
Date :
Titre :
Niveau : sixième - cinquième - quatrième - troisième
Thème : grandeurs et mesures – repérages, distances, angles – configurations, constructions – transformations – Nombres, calculs numériques – calcul littéral – fonctions numériques – représentation et organisation de données – probabilités
Cadre d’utilisation : Aide individualisée, soutien – évaluation – IDD – PPCP – TBI – TD, modules - TPE – travail autonome – travaux dirigés – vidéoprojection
Type de logiciels : calculatrice – calculatrice formelle – logiciel de calcul formel – logiciel de géométrie dynamique – tableur – page WEB – autre outil
Description : (il s’agit d’une description très sommaire, l’espace alloué à cet item étant relativement restreint)
Type d’activité : introduction d’une nouvelle notion – exercices d’application – calcul mental – activité de recherche.
Lieu de réalisation : salle de classe – salle informatique
Organisation du travail : individuel – par groupe

Parce que notre intention était d’investir d’autres critères relatifs à la conception de ces ressources, et en particulier accéder à la place et au rôle attribués à l’outil par les auteurs des différentes séances, ou encore aux diverses fonctionnalités du TBI appelées à être convoquées dans le déroulement prévu, nous avons été conduit à examiner l’ensemble des documents proposés par les auteurs (ressources logicielles, description du déroulement de la séance, documents destinés aux élèves, etc...), ceci dans le but de renseigner d’autres critères de la grille d’analyse enrichie et présentée ci-dessous. Notons enfin que compte tenu de la grande disparité des informations fournies par les auteurs, certains items de la grille n’ont pu être renseignés. Pour d’autres, certaines inférences, produites à partir des documents proposés, ont permis de les compléter⁴⁴.

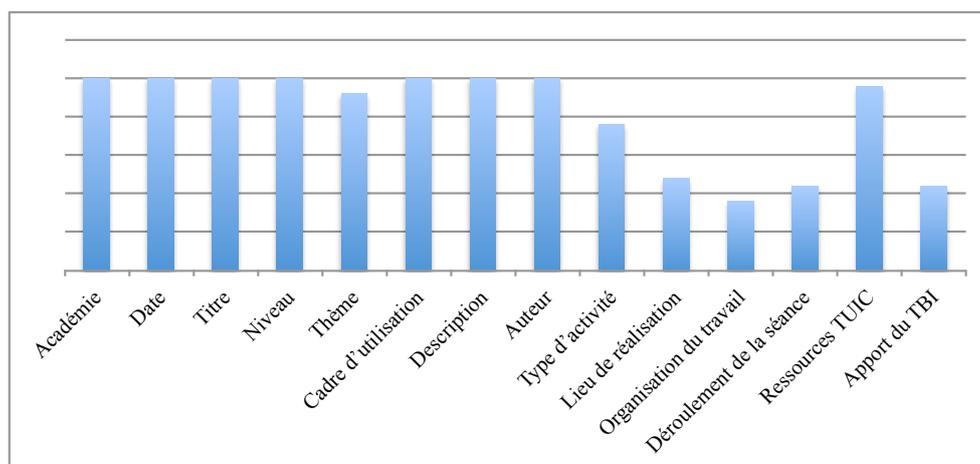
Déroulement de la séance (défini comme la présence des différentes phases, étapes et/ou tâches de l’activité) :
Tâches allouées aux élèves dans l’environnement TBI :
Tâches allouées à l’enseignant dans l’environnement TBI :
Fonctionnalités du TBI utilisées :
Ressources TUIC fournies : fichier logiciel TBI - lien page Web - animation Flash - fichier tableur - fichier LGD - autre fichier
Justification de l’apport des ressources TUIC fournies :
Justification de l’apport du TBI :

44. Nous proposons en annexe D des exemples de grille complétées.

Regard global sur la base

Les scénarios présents dans la base se répartissent sur quatre académies, l'académie d'Orléans-Tours cumulant à elle seule 88% des productions, le reste des travaux se répartissant équitablement entre les académies de Guadeloupe (4%), de Grenoble (4%) et de Nantes (4%). Les activités présentées couvrent une multiplicité des points du programme, lesquels ne sont pas toujours explicitement indiqués dans les scénarios. Tous les domaines du programme sont investis, le domaine géométrique étant le plus présent (36%). Sont fournis dans la quasi-totalité des scénarios (96%) des ressources informatiques, et en premier lieu des animations Flash (64%) et des fichiers de logiciels de géométrie dynamique (32%). On note en revanche l'absence de fichiers issus des logiciels équipant les TBI. Concernant le cadre d'utilisation, deux scénarios font état de l'utilisation exclusive du TBI, les autres proposent indifféremment l'usage de ce dernier ou d'un dispositif de vidéo-projection.

Comment les auteurs de scénarios décrivent-ils une activité ? L'histogramme ci-dessous présente les résultats concernant la présence/absence de 14 éléments de description dans les scénarios.



L'académie, la date, le titre, le niveau, la description et les ressources logiciels sont très fréquents. En revanche, d'autres informations relatives au lieu de réalisation de l'activité, l'organisation du travail, le déroulement de la séance et l'apport du TBI sont relativement peu renseignées (moins de 50% des scénarios)

Il n'existe donc pas de réelle standardisation dans la présentation des scénarios impliquant le TBI. Concernant les descripteurs directement accessibles dans les fiches résumées des scénarios⁴⁵, certains éléments sont certes communs à tous les scénarios, mais la façon dont ils sont renseignés par les auteurs est souvent très variable d'un scénario à l'autre. Par exemple, si la description est omniprésente, elle n'est pas

45. Qui constituent ainsi la première rencontre des scénarios par les usagers du site, avant même l'accès au lien vers le scénario hébergé par les sites académiques.

toujours explicite sur le contenu du scénario (un exemple, "une figure animée pour créer des activités de recherche"). Le cadre d'utilisation fait également très souvent mention du TBI et du vidéoprojecteur de manière indifférenciée, ce qui n'éclaire que difficilement sur les spécificités de l'outil TBI entrevues par les auteurs.

L'accès au scénario dans le détail ne permet pas toujours de lever le doute quant au déroulement de la séance et à l'usage du TBI. Souvent absents, ils sont laissés à la seule appréciation du lecteur. Notons enfin que la taille du scénario peut varier entre quelques lignes et plus de trois pages, en fonction du degré de détail souhaité par chaque auteur.

Une tentative de classification de l'apport du TBI

Plus de 58% des scénarios proposés ne font pas état de l'usage du TBI. Ils sont caractérisés par l'absence de précision sur le déroulement de la séance (93% d'entre eux).

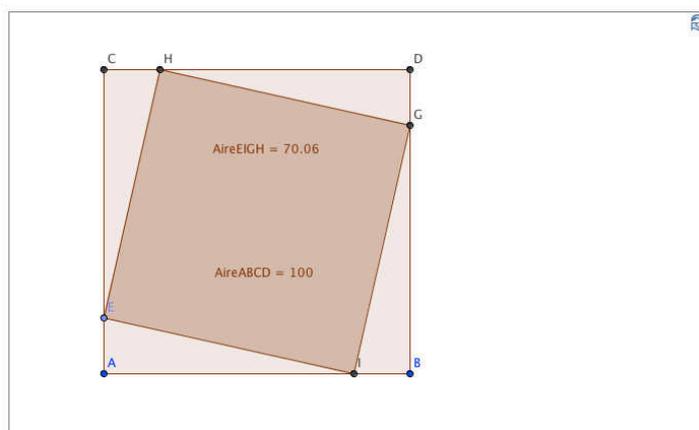
On dénombre, dans une première catégorie (C1) de travaux, ceux dont la présentation du scénario se résume à la donnée du seul énoncé de l'activité (70%). Le point de départ est très souvent une situation géométrique (scénario un carré dans un carré), les ressources TUIC proposées sont alors des fichiers informatiques de LGD et doivent permettre de motiver l'entrée dans l'étude de la situation géométrique.

Un carré dans un carré

Cet imagiciel permet par exemple de lancer une recherche pour répondre au problème suivant :

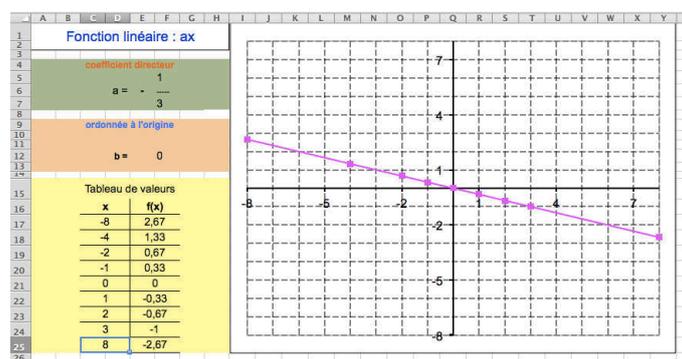
où placer E pour que l'aire du carré intérieur soit la plus petite possible ? Que dire alors de l'aire de EIGH par rapport à celle de ABCD ?

Dans la figure ci-dessous ABCD est un carré de 10 cm de côté. E est un point mobile de [AC]. H, G, I sont les points des trois autres côtés du carré ABCD tels que : $AE = CH = DG = BI$.



EXEMPLE DE SCÉNARIO ILLUSTRANT LA CATÉGORIE N° 1

Dans une seconde catégorie (C2), nous trouvons les scénarios qui se cantonnent à la seule donnée d'une ressource informatique, (fichier excel, LGD, animation Flash).



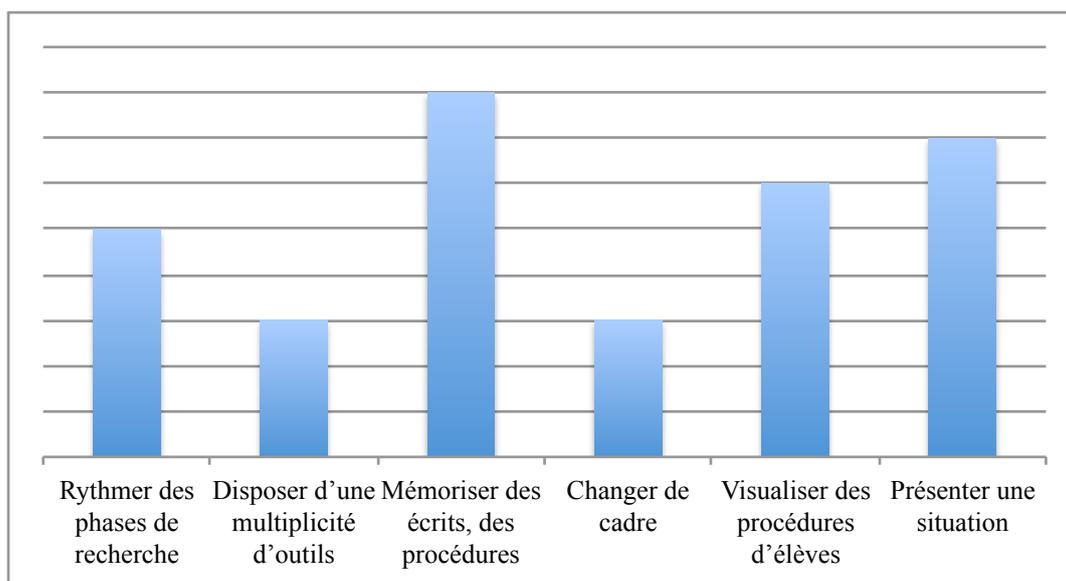
EXEMPLE DE SCÉNARIO ILLUSTRANT LA CATÉGORIE N° 2

Dans les deux catégories précédentes, est laissée à la charge des utilisateurs la question de l'exploitation du TBI dans ces scénarios. En effet, si le cadre d'utilisation mentionne indifféremment l'usage du TBI ou d'un dispositif de vidéo-projection, aucune précision n'est apportée sur l'utilisation spécifique de l'un ou de l'autre des dispositifs (un exemple « la séance s'effectue à l'aide du vidéoprojecteur, ou au TBI »). Si les possibilités de visualisation collective offertes par les deux dispositifs semblent ici exploitées, l'utilisation des autres fonctionnalités du TBI dans le scénario sont à construire.

Présence de justification de l'apport du TBI

Environ 42% des scénarios font état de l'exploitation du TBI. Ils font tous état du déroulement de la séance et sont chacun accompagnés d'une animation Flash. Les activités proposées sont parfois des adaptations d'activités éprouvées dans des environnements non informatisés ("l'agrandissement du puzzle, d'après Ermel, Apprentissages Mathématiques en sixième", "les fractions, d'après Hatier Ermel", "les cartes à jouer, d'après Les nombres décimaux en sixième IREM de Poitiers"). Le lieu de réalisation, la classe ainsi que l'organisation du travail, en groupe, sont une caractéristique commune à ces activités.

Comment les auteurs de ces scénarios décrivent-ils l'apport du TBI? L'historique ci-dessous présente les résultats concernant les justifications apportées sur l'usage du TBI.



De façon générale, les principales potentialités du TBI mises en avant dans ces différents scénarios sont les possibilités offertes par l'outil de visualisation collective des procédures des élèves et de leur mémorisation. Ces fonctionnalités sont déployées au service de l'organisation de phases permettant de rythmer l'avancée du problème et la construction des connaissances mathématiques visées.

Les ressources proposées sont exclusivement des animations Flash développées spécifiquement par les auteurs. Ces animations interactives exploitent principalement les potentialités de déplacement d'objets offertes par le dispositif TBI. Toutes offrent des possibilités d'interaction avec l'utilisateur. La mise en regard des choix de conception de ces ressources avec l'exploitation des potentialités du TBI avancées par les auteurs par ailleurs permet de dégager certaines spécificités de conception. Dans le détail, trois catégories sont susceptibles d'être exhibées :

- une première catégorie de ressources (C3) correspond à la réplique virtuelle du milieu matériel à disposition des élèves par ailleurs. Ce milieu permet ainsi la réalisation publique, devant la classe, de procédures élèves. L'espace du TBI est ainsi vu comme un espace partagé entre l'enseignant et les élèves, permettant de mutualiser les procédures de résolution des élèves, leur gestion ainsi que leur confrontation, ceci au service de la construction de connaissances mathématiques clairement identifiées dans le scénario prévu. Les fonctionnalités d'annotation, de déplacement d'objets et de mémorisation du dispositif sont à ce titre convoquées.

VOICI UN PUZZLE

ON VOUDRAIT LE REDUIRE...

Gregory Train
Collège de Saint Gaultier
AC Orleans Tours

Pliez en [dropdown menu with 2, 4, 8] Bande unité

En deux En quatre En huit

A B C D E F G H I J K L

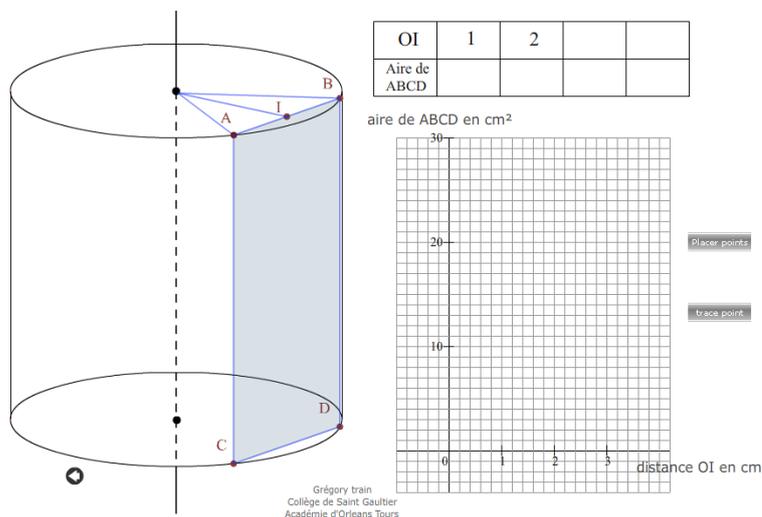
Dans le premier exemple "puzzle", la ressource proposée permet une fois les dimensions des pièces du puzzle renseignées, de les générer et de les déplacer en vue de la construction d'un puzzle réduit par rapport au puzzle initial. Les recommandations de l'auteur indiquent que "les différentes procédures phrasés par les groupes sont progressivement collectées et enregistrées sur le TBI afin d'un traitement global en fin d'activité". Dans le second exemple "fractions", il s'agit de produire différentes écritures fractionnaires additives de mesures de longueurs. Des bandes de différentes longueurs (une unité, un quatre d'unité...) déplaçables sont mises à disposition. Dans les recommandations de l'auteur, on note que "le TBI permet de collecter les différentes procédures des élèves et ainsi de garder en mémoire un large éventail d'écritures additives, soustractives...d'une même fraction"

EXEMPLE DE SCÉNARIO ILLUSTRANT LA CATÉGORIE N° 3

- la seconde catégorie (C4) de ressources correspond au regroupement au sein d'une même interface de différents outils permettant d'investir différents cadres⁴⁶ de travail. L'intention des auteurs est ici de favoriser une mise en interaction de ces différents cadres. Les potentialités du TBI résident alors principalement dans la mise en scène

46. Au sens de Douady

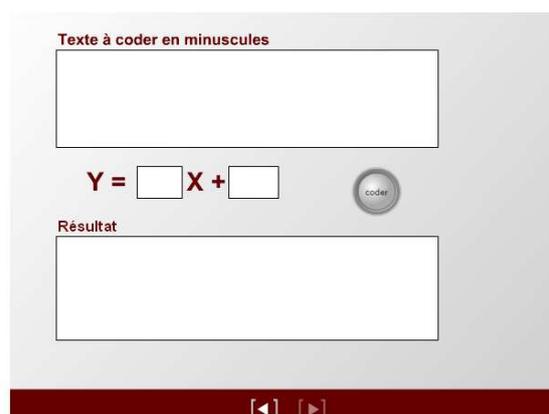
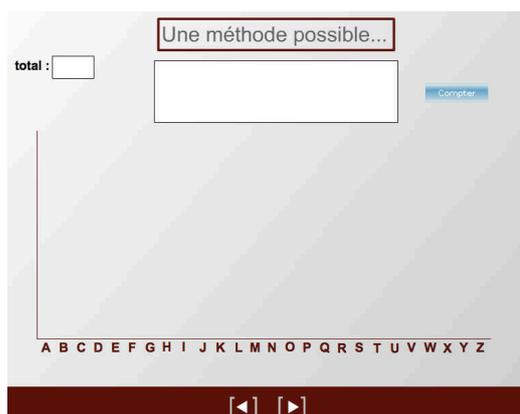
devant la classe des changements de cadres possiblement investis dans l'activité mathématique proposée et dans la possibilité d'annotation de la ressource. L'espace du TBI est ici vu comme dirigé principalement par l'enseignant.



Dans cet exemple, il s'agit d'examiner le lien fonctionnel entre l'angle \widehat{AOB} et l'aire du rectangle $ABDC$. Le point A est déplaçable. L'action sur l'un des éléments (tableau, figure, graphique) actualise l'ensemble de ces éléments.

EXEMPLE DE SCÉNARIO ILLUSTRANT LA CATÉGORIE N° 4

- la dernière catégorie (C5) correspond à la mise à disposition d'outils uniquement disponibles dans l'espace de travail du TBI. L'usage de ces outils est pensé en direction des élèves, et constitue une aide à la résolution du travail mathématique proposé par ailleurs. Sur ce dernier point, si l'espace du TBI est vu comme un terrain d'expérimentation pour les élèves, les connaissances mathématiques mises en jeu restent dans ces scénarios difficiles à lire (voir encadré ci-dessous)



Dans cet exemple, l'enjeu annoncé est le décryptage d'un texte codé. Deux outils qui permettent respectivement de dénombrer les lettres d'un message et de coder un texte donné sont mis à disposition. Pour l'auteur, il s'agit que "chaque groupe les utilise pour avancer leur recherche". Cependant le texte à décoder n'étant pas fourni, on est en droit de se questionner sur les procédures attendues des élèves. Une exploration des fréquences d'apparition

des lettres dans le texte suffit-elle à décoder le message (la fréquence d'apparition des lettres de l'alphabet français étant par ailleurs à disposition des élèves) ? Ou alors, le texte choisi permet-il de faire échouer cette procédure ? Auquel cas, quel rôle endosse la ressource permettant le codage d'un texte ? Une investigation sur les conditions imposées à a et b (dans le codage affine $y = ax + b$ précision) doit-elle être conduite ? De même, est-il envisagé de discuter de l'unicité d'un tel décodage ?

EXEMPLE DE SCÉNARIO ILLUSTRANT LA CATÉGORIE N° 5

Ces trois dernières catégories semblent quelque peu mieux exploiter les possibilités techniques du dispositif TBI, mais au prix du développement d'animations Flash. Ces ressources constituent des briques technologiques qui intégrées dans l'environnement TBI, permettent l'implantation de nouvelles fonctionnalités. A ce titre, Elles se posent comme réponse à un besoin de supplanter des fonctionnalités manquantes du dispositif. Cette technologie reste cependant avant tout réservée aux concepteurs informatiques, et de ce fait demeure encore très peu répandue dans le monde enseignant. Nous synthétisons ci-dessous l'étude des scénarios qui vient d'être conduite.

<i>Absence de référence à l'outil TBI</i>	<i>Degré de précision du scénario</i>	<i>Fichiers informatiques fournis</i>	<i>Fonctionnalités du TBI utilisées dans l'étude</i>	<i>Exploitation du TBI dans l'étude</i>	<i>Utilisation du TBI</i>
Catégorie n°1	Enoncé de l'activité	LGD	Visualisation	laissée à l'appréciation de l'enseignant	Plutôt dédiée à l'enseignant
Catégorie n°2	Absence d'énoncé	LGD, tableur	Visualisation	laissée à l'appréciation de l'enseignant	Plutôt dédiée à l'enseignant
<i>Présence de référence à l'outil</i>	<i>Degré de précision du scénario</i>	<i>Fichiers informatiques fournis</i>	<i>Fonctionnalités du TBI utilisées dans l'étude</i>	<i>Exploitation du TBI dans l'étude</i>	<i>Utilisation du TBI</i>
Catégorie n°3	Séance détaillée	Animation Flash	Annotation, déplacement et mémorisation	Mutualisation des procédures au tableau	Elève et enseignant
Catégorie n°4	Séance détaillée	Animation Flash	Déplacement et annotation	Mise à disposition de différents outils, changement de cadres de résolution	Plutôt dédiée à l'enseignant
Catégorie n°5	Séance détaillée	Animation Flash	Annotation	Mise à disposition de différents outils, expérimentation	Plutôt dédiée à l'élève

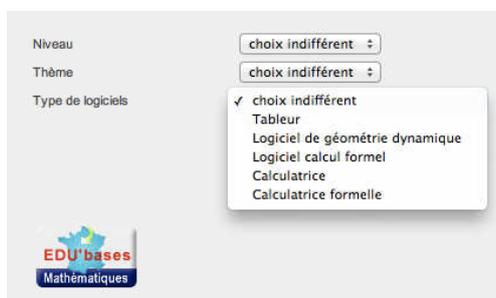
Seconde étude (après la refonte)

La base Educ'Base a fait l'objet, en 2011, d'une actualisation de son interface, embarquant des modifications sensibles à la fois dans les ressources proposées ainsi que dans les

critères de recherche associés. Si l'offre s'est vue étoffée en quasiment triplant (1665 fiches disponibles pour la discipline mathématiques), la suppression d'un des descripteurs anciennement proposés (le cadre d'utilisation du scénario) a eu pour effet de ne plus pouvoir discriminer les scénarios auparavant fléchés pour un usage avec le TBI.

Qu'est-il advenu de ces scénarios après la refonte ? Si la quasi totalité restent encore hébergés et consultables sur les différents sites académiques, leur référencement dans la base a suivi principalement deux trajectoires distinctes :

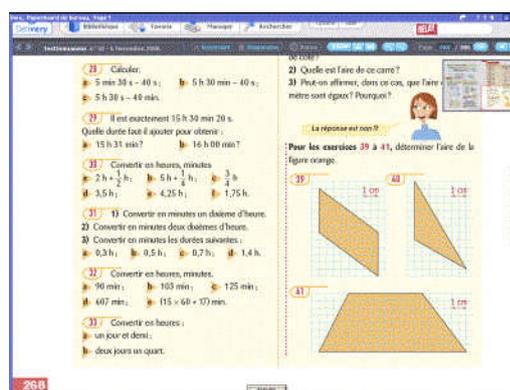
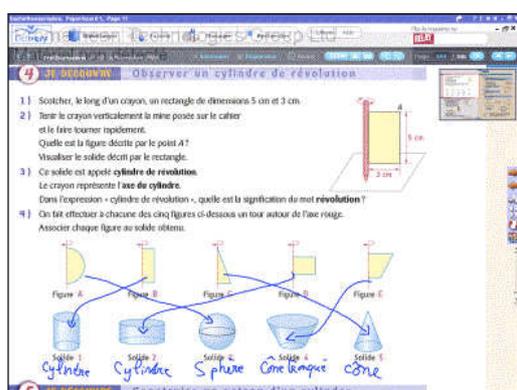
- les scénarios relevant des deux premières catégories (C1 et C2), pour lesquels l'usage du TBI était absent, sont aujourd'hui, pour la plupart, encore référencés dans la base. Parce qu'une de leurs caractéristiques communes tenait en l'utilisation de logiciels de géométrie dynamique ou de tableurs, ils sont accessibles par le biais de ce descripteur.



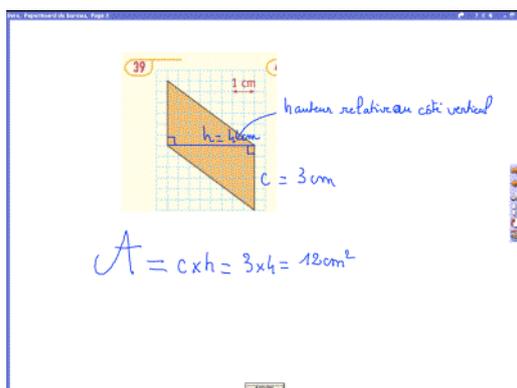
- En ce qui concerne les scénarios relevant des autres catégories (C3, C4 et C5), dans lesquels le déroulement proposé prévoyait la mise en oeuvre de l'outil TBI, ont été retirés du référencement de la base.

Différentes conséquences immédiates de cet état de fait peuvent d'ores et déjà être apportées. D'une part, avec l'objectif annoncé de *"recenser les pratiques pédagogiques proposées par les académies afin d'accompagner le développement des usages des TUIC, en relation avec les programmes des collèges et des lycées"*, la refonte d'Educ'Base semble privilégier une entrée dans les scénarios par les différents logiciels utilisés (LGD, tableur, etc...), au détriment d'une certaine visibilité des ressources intégrant l'usage du TBI. D'autre part, ce choix laisse à la charge des usagers du site le soin de penser l'intégration potentielle des ressources au sein d'un environnement TBI.

Une dernière conséquence se pose alors en terme d'accompagnement institutionnel restant du développement des pratiques professionnelles intégrant le TBI. Concernant les mathématiques, seul demeure dès lors un canal de diffusion plus ancien (dernière mise à jour le 6/032009) hébergé sur le site Eduscol. Aux côtés de recommandations techniques, sont proposés des exemples d'usage du TBI. Si certaines pratiques semblent revisitées pour un usage avec le TBI ("Des corrections de travaux d'élèves : correction d'un exercice en collège", "Des cours : utilisation conjointe du TBI et du livre numérique", etc...), ce sont d'abord et avant tout des comptes rendus d'expérience qui sont proposés, généralement non accompagnés des ressources utilisées, et ainsi difficilement transférables.



UN



EXEMPLE D'USAGE PROPOSÉ

Dans cet exemple, l'auteur propose d'illustrer l'utilisation conjointe d'un livre numérique et du TBI. Les apports envisés se cantonnent à la possibilité pour l'enseignant de commenter et annoter les exercices et le constat d'une mise au travail des élèves plus rapide.

D'autres ressources émergentes

Nous ne pouvons terminer cette revue des ressources sans examiner rapidement le cas d'un type de ressources en plein essor. Les éditeurs de manuels scolaires, devant le déploiement de la technologie TBI dans les établissements scolaires, ont entrevu depuis quelques années l'ouverture possible d'un nouveau marché et commencent à proposer des adaptations de leur offre éditoriale au numérique. Cette initiative fait parallèlement l'objet d'incitations institutionnelles⁴⁷, en avançant des raisons parfois très pragmatiques, assez éloignées de préoccupations d'ordre pédagogique. L'allègement du cartable des élèves français arrive en effet en bonne place dans l'argumentaire développé. Notons aussi la volonté affichée de coupler ce dispositif avec des environnements numériques de travail (ENT), offrant ainsi aux usagers d'un même établissement des services en ligne, l'accès à distance à des manuels numériques aux élèves, etc...

L'institution propose la définition suivante des manuels numériques : *"un manuel dématérialisé que l'on utilise avec un ordinateur. Il est vu sur l'écran ou projeté en classe avec un vidéoprojecteur. En plus des textes et images que l'on trouve dans le manuel papier, le manuel numérique peut proposer des documents sonores, des animations ou des vidéos"*⁴⁸.

47. voir encart n°3 du B.O du 17 janvier 2008, disponible à l'adresse : <http://www.education.gouv.fr/bo/2008/3/MENE0701950N.htm>

48. consultable sur le site Eduscol à l'adresse : http://eduscol.education.fr/dossier/lectures/manuel/notions/copy_of_definition

Sa fonction est quant à elle stable depuis 1986 et définit comme suit dans une note de service datée du 14 mars : *"le manuel est un auxiliaire pédagogique pour le professeur et une aide pour l'élève.[...] Il accompagne l'action du professeur en classe et la prolonge hors de la classe"*⁴⁹.

Derrière l'offre éditoriale proposée se cachent en réalité deux types de supports à distinguer. D'une part, les manuels numérisés sont des fichiers informatiques au format PDF, mis à disposition sur différents supports (CD, DVD, clé USB ou en ligne) et correspondent à des pages scannées. D'autre part, des manuels qualifiés de numériques qui complètent l'offre précédente de fonctionnalités de navigation, de visualisation (zoom, cache/spot) et d'annotations (surlignage, annotations). Dans certaines offres, des partenariats ont été engagés avec des sites institutionnels pour l'accès à des ressources choisies, dans d'autres, une bibliothèque de ressources est accessible (fichiers vidéo, audio, animations, etc...). On note aussi pour le travail des élèves des fonctionnalités parfois offertes de Quiz, de résumés audio... Une des dernières tendances dans l'offre éditoriale concerne le degré de personnalisation des manuels numériques. La possibilité est donnée de personnaliser les pages du manuels, en agençant des éléments (textes, images) ou encore en ajoutant diverses ressources⁵⁰.

De manière générale, le développement de l'offre semble s'étoffer, avec des fonctionnalités de plus en plus nombreuses et des niveaux croissants de personnalisation. L'entrée récente sur ce secteur du manuel numérique de la société Apple, pour l'instant cantonnée au marché américain, laisse présager de nouveaux développements à l'avenir.

Ceci appelle deux remarques que nous faisons ici. D'une part, pour un usage dans un environnement TBI, bon nombre de fonctionnalités offertes par les manuels numériques se trouvent en redondance avec celle offertes par les logiciels TBI et entrent ainsi en concurrence. Ceci n'est pas sans renouveler la question des critères de choix à retenir pour l'équipement des établissements scolaires en TBI, sachant que précisément, les fonctionnalités spécifiques offertes par les logiciels équipant les TBI sont encore aujourd'hui, un argument de poids. D'autre part, l'intention de faire exister les manuels numériques dans les environnements distincts que sont les TBI et les ENT, avec respectivement des intentions d'accompagnement de l'action du professeur en classe et de son prolongement hors de la classe, ouvre sur des questions d'interopérabilité de ces ressources dans des environnements distincts aux finalités distinctes.

Afin de garantir une certaine exhaustivité compatible avec le panorama des ressources qui nous ont été données à voir dans cette étude, et de rendre compte plus largement de différentes tendances dans la conception des ressources à destination de l'outil qui nous semblent se dessiner dans cette revue des ressources, nous concluons cette section en proposant d'exhiber trois classes de ressources qui ouvre pour chacune d'elles sur des questions spécifiques :

49. consultable sur le site Eduscol à l'adresse : <http://eduscol.education.fr/dossier/lectures/manuel/cadre-reglementaire/statut>

50. Les manuels qui permettent ces manipulations offrent des contenus granularisés. Les éléments présents sur les pages, appelées granules, sont prédécoupés, permettant un accès indépendant à chacun d'entre eux

- La première classe de ressources est celle de la présentation de l'information. L'outil est utilisé pour présenter des savoirs, au moyen de mots, d'images, de vidéos... par le biais de modalités visuelles et/ou auditives. Destinée à des tâches d'apprentissage par exposition du contenu, la possibilité est offerte, par le biais de changement de cadres et/ou de registres de représentations, d'élaborer des représentations mentales de contenus ainsi que des relations entre ces contenus. La construction de telles ressources soulève alors la question de leur structuration : comment représenter une connaissance pour qu'elle soit comprise ? quelles connaissances bénéficient d'être représentées par des images animées ? quel discours de l'enseignant accompagne la présentation de ces ressources ?
- La seconde classe renvoie à celle d'assistant intelligent, dans laquelle la ressource à l'écran est capable de gérer différentes tâches habituellement assurées par l'enseignant. C'est par exemple le cas avec l'utilisation d'une banque d'exercices en ligne. L'implémentation de cette ressource dans l'environnement et donc son détournement de sa fonction première embarquent des questions relatives en particulier au partage des responsabilités entre l'enseignant et la ressource à prévoir ? (par l'intermédiaire des rétroactions de la ressource sur le comportement de l'utilisateur).
- La troisième classe envisagée est celle des environnements de simulation, permettant de créer des supports d'apprentissage qui visent à reconstituer des conditions d'interaction proches de celle de l'environnement réel. Cette dernière classe exploite l'idée selon laquelle la connaissance émerge des interactions entre l'élève et son environnement, non pas seulement en organisant des interactions entre l'élève et l'outil informatique mais aussi en favorisant des interactions entre les élèves et l'enseignant. L'enjeu est alors de construire des ressources qui vont amener les élèves à interagir ensemble

4.8 Bilan

Dans le chapitre précédent, l'étude de la littérature, essentiellement anglo-saxonne, avait permis de mettre à jour un contexte de déploiement de la technologie TBI en Angleterre particulier (avec un soutien marqué et constant dans l'accompagnement) ainsi que l'existence d'un paradoxe pointant d'une part un large consensus sur les avantages de la technologie TBI et dans le même temps une réalité dans les classes marquée par une grande variation dans les pratiques observées. Ces premiers constats nous ont conduit dans ce présent chapitre à examiner d'une part l'objet technologique, ses spécificités, et les besoins instrumentaux qu'il convoque, et d'autre part, à investir le contexte institutionnel français en terme de soutien au déploiement de cette technologie, et une interrogation de ce contexte en trois temps : l'examen des textes institutionnels, un regard sur les ressources mises à disposition par l'institution et des entretiens conduits avec des représentants de l'institution.

Concernant l'étude de l'objet TBI et plus largement de l'offre technique, nous avons conduit son questionnement en pensant une conception partagée et cyclique d'un instrument, entre concepteurs et utilisateurs de l'outil. Ce point de vue adoptée a permis d'interroger les évolutions techniques de l'outil en terme de tendances et d'intentions d'usage, des évolutions regardées comme des marqueurs potentiels des usages constitués de l'outil. De ce premier regard, est apparu un objet technologique doté d'un logiciel certes générique mais disposant de fonctionnalités spécifiques par rapport à d'autres technologies (mémorisation, annotation sur des logiciels tiers, etc...). Est également apparu des environnements de travail proposés dans le logiciel qui ouvrent la voie à une spécification disciplinaire mais qui exigent alors une expertise instrumentale plus que rudimentaire. Ces besoins instrumentaux importants se sont révélés d'autant plus importants dès lors qu'il s'agissait de concevoir des ressources au sein même de l'environnement du tableau. Concernant les évolutions techniques de l'objet, c'est d'abord une politique relativement soutenue de mises à jour des produits que nous avons constatée et qui n'est d'ailleurs pas sans poser le problème de l'actualisation des connaissances instrumentales des enseignants. C'est aussi aujourd'hui un produit logiciel qui offre des fonctionnalités pléthoriques et qui n'ont cessé d'augmenter au fil des mises à jour successives, mais dans le même temps, ce sont des fonctionnalités directement accessibles à l'utilisateur qui se recentrent sur l'annotation et la manipulation de contenu. En cela, ce sont des choix côté concepteur qui, s'ils facilitent la prise en main première du tableau, alimentent d'une part, une proximité d'usage d'avec le tableau noir, et d'autre part, participent à masquer une certaine complexité d'utilisation plus sophistiquée de l'outil. Est également observé une implémentation de fonctionnalités nouvelles qui participent d'une tendance technologique : ce sont à la fois des fonctionnalités qui facilitent l'intégration dans l'environnement du tableau de nouveaux médias (livre numérique, animation Flash, etc...), c'est également le développement de périphériques (boîtiers de vote, tablettes) qui viennent compléter les possibilités du TBI.

Du côté du contexte, si le système d'attentes institutionnelles porté sur le déploiement de la technologie TBI semble teinté d'un souhait de modification des pratiques, sa lecture apparaît difficile d'accès. D'une part, l'intégration du TBI ne semble pouvoir que faiblement s'appuyer sur les recommandations institutionnelles. Ces dernières restent quasiment muettes sur le sujet, et les utilisations des TUIC qu'elles préconisent sont plus volontiers pensées dans un environnement autre qui est celui de la salle informatique.

Les entretiens conduits avec l'inspection, quant à eux, laissent apparaître des positions qui dépendent plus de la sensibilité aux technologies de chaque inspecteur et de leur parcours personnel que d'une véritable ligne de conduite institutionnelle. Ce flottement apparaît jusque dans les actions de formation proposées à l'outil au contenu dès lors très inégal (de la simple formation technique à des actions de formation centrées sur les usages possibles de l'outil). S'il existe cependant dans le discours institutionnel un plus petit dénominateur commun - celui de l'usage des logiciels institutionnels - le passage institutionnellement souhaité d'une utilisation de ces logiciels dans l'environnement TBI à celui de ces mêmes logiciels en

salle informatique est un pari qui apparaît risqué.

Concernant enfin les ressources mises à disposition des enseignants, si l'offre institutionnelle susceptible de soutenir le développement des usages du TBI s'est d'abord tournée vers une tentative de référencement spécifiquement fléché vers l'outil, cette stratégie n'a donné lieu qu'à une production intimiste de ressources, rencontrant des difficultés relevant aussi bien de la mise en avant des spécificités du TBI que du recours à des briques technologiques dont la conception embarque des compétences informatiques non nécessairement disponibles dans le monde enseignant (technologie Flash). La modification de l'offre, ensuite apparue, vient possiblement bousculer le paysage existant. D'une part, les choix opérés réduisent la visibilité des différents usages potentiels de l'outil, laissant à la charge des enseignants la conduite d'une réflexion sur les usages possibles et l'investigation d'autres canaux de diffusion des pratiques de l'outil. D'autre part, ces mêmes choix semblent teintés d'une intention de voir les LGD et les tableurs investir l'environnement TBI, en conformité avec les attentes de l'inspection. Reste que d'autres attentes institutionnelles sont posées, impliquant une modification sensible des pratiques. Ces souhaits formulés ne sont, quant à eux, que faiblement éclairés par les quelques exemples d'usage laissés encore visibles. Ces quelques propositions d'usage, peu actualisées, sont même possiblement, pour certaines d'entre elles, une porte ouverte sur des pratiques ostensives par ailleurs décriées par l'institution mais d'ores et déjà constatées. Tout se passe comme si l'intégration de ressources informatiques (LGD, tableur, livre numérique, exercices) dans l'environnement TBI devait, à lui seul, conduire à des usages favorables de l'outil, alors que d'une part, certaines ressources (livres numériques, etc...) sont susceptibles d'outiller favorablement des pratiques ostensives et que d'autre part, l'analyse du dispositif technique souligne que les fonctionnalités illustratives de l'outil sont les plus accessibles à une première instrumentation.

In fine, l'étude du contexte français de déploiement de la technologie TBI laisse assez difficilement présager comment et dans quelle mesure une certaine complexité liée à l'usage des TBI pourrait être mieux prise en charge au regard de l'état d'avancement de la réflexion institutionnelle sur le sujet.

A ce stade de l'enquête et pour conclure cette section, nous voudrions mettre en perspective les résultats obtenus avec les nécessités qui se dessinent dès lors dans la poursuite des travaux.

Cette étude a révélé une certaine complexité liée à l'usage de l'outil, des besoins instrumentaux associés ainsi que des refontes de l'interface utilisateur porteuses d'intention dans les usages des TBI. Mais au delà de connaître plus précisément le poids de ces intentions, il s'agira dans la suite de l'étude de mesurer la conformité de ces projections. C'est une connaissance affinée des besoins instrumentaux des enseignants qui est dès lors pointée. Cela passe nécessairement par l'étude des représentations que peuvent avoir les enseignants de cette technologie. Car ce sont bien ces représentations qui vont influencer sur les besoins instrumentaux des enseignants.

La complexité et l'investissement qu'est susceptible d'embarquer le travail de conception

dans l'environnement TBI et les contraintes techniques qui pèsent sur celui-ci ne sont probablement pas sans conséquence sur les marges de manoeuvre laissées aux enseignants dans leur travail effectif de conception. L'activité du professeur et des élèves est en effet conditionnée par les caractéristiques de l'environnement artéfactuel présent dans la classe⁵¹, elle l'est également par les caractéristiques des ressources que cet environnement permet d'utiliser, et plus largement par les conditions d'interactions qu'il offre. Ceci plaide en faveur d'un regard attentif sur la nécessaire activité de conception que l'enseignant conduit dans cet environnement, des contraintes multiples qui pèsent sur cette activité, et des intentions et des potentialités qu'elle est susceptible de porter.

Ainsi, et avant d'investir le terrain de la classe et la façon dont l'activité de conception conduite par l'enseignant dans l'environnement TBI est susceptible, pour reprendre la terminologie de Sensevy, de préparer le jeu, et de le faire jouer, et avant de s'intéresser plus finement à l'évaluation sur le plan didactique des interactions potentielles entre la mise en action des ressources dans l'environnement artéfactuel et le déroulement du jeu, nous avons auparavant voulu mieux connaître le terrain d'accueil offert par la profession à ce nouvel environnement et les représentations des enseignants attachées à cette technologie. C'est précisément l'objet du chapitre suivant dans lequel nous menons cette investigation à travers l'étude d'une enquête quantitative regroupant plus de cinq cents répondants.

51. Pour s'en convaincre définitivement, pensons un instant seulement, à un enseignement sans recours au tableau noir, ou encore d'entendre, comme nous le ferons dans le chapitre suivant, des enseignants susceptibles d'être dépossédés de l'outil TBI.

Chapitre 5

Etude des questionnaires.

Sommaire

5.1	Problématique et démarche de l'étude par questionnaire.	164
5.2	Les questionnaires	165
5.2.1	Conception et analyse <i>a priori</i>	165
5.2.2	Mise au point et passation	173
5.2.3	Méthodologie d'analyse	174
5.3	Etude des questionnaires	178
5.3.1	Etude du questionnaire à destination des non utilisateurs .	178
5.3.2	Mise en oeuvre de l'analyse	181
5.3.3	Profil des enseignants non utilisateurs	186
5.3.4	Etude du questionnaire à destination des utilisateurs des TBI	190
5.3.5	Mise en oeuvre de l'analyse	196
5.3.6	Profils des enseignants utilisateurs	201
5.4	Synthèse de l'étude des questionnaires	204
5.4.1	Synthèse de l'étude du premier questionnaire	204
5.4.2	Synthèse de l'étude du second questionnaire	208
5.4.3	Regards croisés des deux populations et poursuite de l'étude	210

Le chapitre précédent a permis l'examen des potentialités de l'outil TBI et des connaissances instrumentales associées. Mais au delà de cette interactivité technique, notre étude cherche à examiner l'appropriation effective par les enseignants de cette proposition instrumentale que constitue le TBI et quels sont les besoins instrumentaux réellement convoqués dans son usage. Cela passe dans le parcours méthodologique de l'étude par l'organisation du suivi d'enseignants spécifiques et usagers de l'outil

Le présent chapitre se situe à un moment charnière de l'étude. Il s'agit d'une part, avant d'entamer ce suivi, de disposer de profils d'usagers des TBI permettant d'éclairer le choix des enseignants suivis, il s'agit d'autre part, de mesurer les projections des besoins instrumentaux, conduites dans l'étude précédente du dispositif, sur les usages effectifs de l'outil¹. Nous présentons, dans ce chapitre, l'étude quantitative mise en oeuvre à grande échelle² permettant d'accéder à une meilleure connaissance des usagers de l'outil et des besoins éprouvés dans la pratique de l'outil. Nous détaillons en particulier le traitement statistique déployé dans la construction des profils d'usagers de l'outil TBI.

Un second volet de l'étude quantitative est également déployée en direction des non-utilisateurs de l'outil. L'enjeu est ici d'accéder aux représentations que sont susceptibles d'avoir les enseignants de cette nouvelle technologie TBI. Il s'agit d'examiner quels sont les besoins instrumentaux projetés dans l'outil et leurs éventuels décalages avec les besoins instrumentaux des usagers. Il s'agit également d'examiner si les réponses institutionnelles en terme de soutien au déploiement de cette technologie sont en conformité avec ces mêmes besoins.

5.1 Problématique et démarche de l'étude par questionnaire.

La littérature souligne la nécessité de prendre en compte différents facteurs dans le développement des usages des tableaux blancs interactifs. Ce caractère multidimensionnel des usages croise en effet des aspects technologiques, disciplinaires ou encore d'accompagnements. Afin de dépasser, tout du moins dans un premier temps, une démarche d'observation de type "*monographique*", le schéma méthodologique proposé ici se focalise sur le recueil, par voie de questionnaire, de la perception et des usages de l'outil TBI par les enseignants. Il se situe volontairement dans la perspective d'un cheminement scientifique propre à notre recherche. Nous partons du principe que les acteurs de terrain ont accumulé une somme d'expériences et d'observations pertinentes suffisante.

L'objectif poursuivi est de dresser un état des lieux des pratiques et des perceptions de l'usage des TBI par les enseignants de mathématiques, en tant qu'interactions entre pratiques pro-

1. En d'autres termes, il s'agit de savoir si ces projections sont une représentation utile de la technologie TBI dans l'enseignement

2. Plus de 500 répondants

fessionnelles, contraintes professionnelles, contraintes technologiques...ceci en liaison avec un contexte institutionnel favorable au déploiement de cette technologie. Notre ambition est également d'étudier le lien entre ces conceptions et usages de l'outil et des paramètres individuels contrôlés (âge, formation, usage des TUIC...)

Concernant le traitement des données, l'analyse statistique multivariée constitue le socle de notre approche, car elle est spécialement adaptée à l'analyse quantitative fine des réponses à un important questionnaire.

Dans notre enquête, nous avons distingué *a priori* deux types de public cible, les utilisateurs de l'outil, quelque soit la fréquence d'usage, des non utilisateurs, qui déclarent connaître l'outil par ailleurs. Cette distinction qui tient à discriminer les usages *prévisionnels* des usages *effectifs*³, a conduit à l'élaboration de deux questionnaires distincts et dont les finalités diffèrent. Pour l'un, il s'agit en particulier de mettre à jour un réseau de facteurs constitutifs de la relation qu'entretiennent les enseignants utilisateurs avec le TBI. Le but est de favoriser la compréhension de la pratique particulière de cet outil technologique et doit permettre d'entrevoir en quoi celle-ci est susceptible de se définir comme marqueur de distinction. Pour l'autre, ce sont la représentation et les attentes des enseignants relatives à ce nouvel objet technologique qui sont questionnées.

5.2 Les questionnaires

5.2.1 Conception et analyse *a priori*.

Présentation du questionnaire à destination des non utilisateurs

Ce premier questionnaire⁴ doit permettre, au travers des perceptions collectées, de mieux situer l'outil TBI dans le champ des outils technologiques à disposition des enseignants et ainsi favoriser l'identification d'axes de réflexions sur lesquels les enseignants sont prêts à s'investir pour aller vers une généralisation des usages de la technologie TBI. C'est, dans une certaine mesure, les effets de la politique institutionnelle de soutien en faveur de cette technologie qui sont interrogés.

Les différentes questions qui ont été posées aux non utilisateurs concernent leur pratique relative à l'usage des TUIC dans leur enseignement (Q3), l'image qu'ils ont des TBI (Q7, Q8, Q9 et Q10), les conditions favorables au développement de l'usage de l'outil (Q4, Q5 et Q6) et enfin leur signalétique (Q1 et Q2).

Dans le détail, quatre questions concernent l'image du TBI, les enseignants devant se prononcer sur le degré d'affinité avec différentes citations tirées d'articles : "*On peut lire dans de nombreux articles, différents avis sur le TBI. Pourriez-vous préciser votre degré d'affinité avec ces différentes propositions*" :

3. ou plus exactement déclarés avec toutes les limites que cette distinction comporte

4. L'intégralité du questionnaire est présenté à l'annexe F

- *Le TBI, une révolution dans la salle de classe* (REV)
- *Adieu le tableau noir* (TN)
- *Le TBI, un outil qui permet de continuer à enseignant comme avant avec un label TICE* (LABEL)
- *Le TBI, rien de plus que le bon vieux vidéo-projecteur.*(PROJ)

Il s'agit ici d'examiner l'accueil fait *a priori* par les enseignants à cette technologie, et en particulier, si des redondances fonctionnelles avec d'autres outils technologiques (le vidéo-projecteur) sont pointées. Les modalités de réponses de chacune des quatre affirmations volontairement choisies sans nuance se font au moyen d'une échelle de Likert à 4 niveaux "à choix forcé" (le niveau 1 correspondant à un degré faible d'affinité avec l'affirmation proposée) pour éviter un niveau central n'exprimant aucun avis.

Pour la pratique des TUIC, une question a été posée : "*Utilisez-vous les TUIC dans votre enseignement ?*" (TUIC) , trois modalités de réponse proposées : "*fréquemment*", "*rarement*" ou "*non*". Elle permet l'examen des liens potentiels entre le regard posé sur le TBI et la pratique ou non des autres technologies.

Concernant les conditions d'utilisation de l'outil, trois questions ont été posées. La première d'entre elles concernait les raisons possibles de la non utilisation du TBI ("*Pourquoi n'utilisez-vous pas le TBI dans votre enseignement ?*" (RAIS)). Dans les trois modalités de réponse possibles ("*il y en a dans mon établissement mais pas pour les Mathématiques*", "*les difficultés d'accès à l'outil (réservation salle,...) sont rédhibitoires*", "*il n'y en a pas dans mon établissement*", nous nous sommes centrés sur des impossibilités avant tout techniques. Ce sont en effet des raisons techniques qui sont régulièrement invoquées par les enseignants dans l'usage qu'ils font des technologies en classe, raisons techniques par ailleurs pointées dans la littérature sur l'outil. En particulier, nous n'avons pas laissé de place à des raisons plus personnelles dans les réponses possibles (par exemple "*parce que je ne veux tout simplement pas l'utiliser*"). De telles réticences sont cependant détectables dans d'autres questions posées⁵, et en tout état de cause, cette question ne sera pas exploitée dans l'analyse pour interpréter d'éventuelles réticences formulées à l'encontre de l'outil.

Deux variables signalétiques ont également été posées : l'ancienneté dans le métier (ANC) (*entre 0 et 2 ans, entre 3 et 5 ans, entre 6 et 10 ans, entre 11 et 15 ans, plus de 15 ans*) et la participation à une formation sur l'outil (FORM) (*oui, non*).

Nous résumons dans le tableau suivant l'ensemble des variables et modalités, augmenté de leurs codages.

5. A la fois sur les questions relatives à l'image du TBI et également à l'occasion de la seule question ouverte du questionnaire qui a laissé place à des réponses affichant clairement la réticence des répondants à l'égard de l'outil.

Variables	Codages	Modalités	Codages
Depuis combien de temps enseignez-vous ?	ANC	Entre 0 et 2 ans Entre 3 et 5 ans Entre 6 et 10 ans Entre 11 et 15 ans Plus de 15 ans	0-2 3-5 6-10 11-15 +15
Avez-vous participé à une formation TBI ?	FORM	Oui Non	FORM_OUI FORM_NON
Utilisez-vous les TICE dans votre enseignement ?	TUIC	Oui, fréquemment Oui, rarement Non	TUIC_OUI fréquemment TUIC_OUI rarement TUIC_NON
Pourquoi n'utilisez-vous pas le TBI dans votre enseignement ?	RAIS	Il y en a dans mon établissement mais pas pour les mathématiques Les difficultés d'accès à l'outil (réservation salle,...) sont rédhibitoires Il n'y en a pas dans mon établissement	pas pour les maths difficultés d'accès pas dans établissement
Seriez-vous prêt à utiliser le TBI dans votre enseignement ?	UT	OUI NON	UT_OUI UT_NON
A quelles conditions seriez-vous prêt à utiliser le TBI ?	COND		
On peut lire dans de nombreux articles, différents avis sur le TBI. Pourriez-vous préciser votre degré d'affinité avec ces différentes propositions (1 correspond à un degré faible d'affinité) : <i>le TBI, une révolution dans la salle de classe</i>	REV	1 2 3 4	REV_1 REV_2 REV_3 REV_4

Variables	Codages	Modalités	Codages
On peut lire dans de nombreux articles, différents avis sur le TBI. Pourriez- vous préciser votre de degré d'affinité avec ces différentes propositions (1 correspond à un degré faible d'affinité) : <i>adieu le tableau noir</i>	TN	1 2 3 4	TN_1 TN_2 TN_3 TN_4
On peut lire dans de nombreux articles, différents avis sur le TBI. Pourriez- vous préciser votre de degré d'affinité avec ces différentes propositions (1 correspond à un degré faible d'affinité) : <i>le TBI, un outil qui permet d'enseigner comme avant avec un label TICE</i>	LABEL	1 2 3 4	LABEL_1 LABEL_2 LABEL_3 LABEL_4
On peut lire dans de nombreux articles, différents avis sur le TBI. Pourriez- vous préciser votre de degré d'affinité avec ces différentes propositions (1 correspond à un degré faible d'affinité) : <i>Le TBI, rien de plus que le bon vieux vidéo-projecteur.</i>	PROJ	1 2 3 4	PROJ_1 PROJ_2 PROJ_3 PROJ_4

CODAGE - QUESTIONNAIRE NON UTILISATEURS

Présentation du questionnaire à destination des utilisateurs

La seconde enquête⁶, dirigée vers les utilisateurs du TBI, interroge la pratique de cet outil dans la classe de mathématiques. En explorant différentes facettes de cette pratique, et en particulier les rapports et interactions construits par les enseignants entre l'outil, les

6. L'intégralité du questionnaire est présentée dans l'annexe F

mathématiques et les élèves, l'objet principal de cette enquête est d'investir une certaine forme de diversité dans les pratiques et d'en rechercher la possible cohérence.

Les utilisateurs de l'outil ont été questionnés sur les fonctionnalités de l'outil (Q9, Q10 et Q11), les conditions et contraintes d'utilisation (Q4, Q5 et Q20), le rapport entretenu entre l'outil et d'une part, les différents domaines de savoir (Q12, Q13, Q14 et Q15), d'autre part, les différents moments d'enseignement (Q17, Q18 et Q19), sur les ressources utilisées (Q21) et sur l'organisation de la classe (Q16). Les autres questions posées aux enseignants concernent leur signalétique (Q1, Q2 et Q3), le profil de leur établissement (Q6, Q7 et Q8) et enfin le degré de satisfaction de l'outil (Q22).

Dans le détail, trois questions concernent les fonctionnalités de l'outil, la première interroge le recours à des périphériques matériels : *"Disposez-vous de périphériques supplémentaires installés avec le TBI (webcam, appareil photo, boîtiers électroniques, tablette graphique) ?"* (PERI), et trois modalités de réponse proposées : *"non"*, *"oui, un seul parmi ceux évoqués"*, *"oui, plusieurs parmi ceux évoqués"*. La possibilité est offerte de préciser le cas échéant les périphériques utilisés. Il s'agit ici de comparer la densité de l'éco-système numérique présent dans les classes par rapport à l'offre technique proposée par ailleurs.

Les deux suivantes concernent les fonctionnalités du logiciel du TBI : *"Les fonctionnalités offertes par le TBI vous paraissent-elles satisfaisantes pour un usage en Mathématiques ?"* (FONCT), sous la forme d'une échelle de Likert à 5 niveaux (sans choix forcé), *"Pourriez-vous citer une fonctionnalité manquante du TBI ?"* (MANQ), sous la forme d'une question ouverte. Nous cherchons ici à questionner l'adéquation de l'offre du dispositif TBI avec les besoins exprimés par les enseignants de mathématiques. La question ouverte posée nous donne également accès, dans une certaine mesure, à la connaissance qu'ont les enseignants des fonctionnalités de l'outil, en particulier, lorsque une fonctionnalité est désignée comme manquante par les enseignants alors qu'elle est pourtant offerte par le dispositif.

Concernant les conditions et contraintes d'utilisation, trois questions ont été posées : *"Disposez-vous d'un TBI dans votre salle de classe ?"* (DISP), et trois modalités de réponse possibles *"non"*, *"oui, mais également un tableau traditionnel"* et *"oui, uniquement un TBI"*, *"Pendant le déroulement des séances, qui manipule le TBI ?"* (MANIP) et trois choix proposés *"plutôt vous"*, *"plutôt les élèves"*, *"vous et les élèves de façon équitable"* ainsi qu'une question sur la fréquence d'utilisation du TBI (FREQ) accompagnée de quatre modalités de réponse : *"systématiquement à chaque cours"*, *"entre 3 et 5 fois par semaine"*, *"moins de 2 fois par semaine"*, *"pratiquement à chaque cours"*. A travers cette série de questions, ce sont les conditions d'utilisation (en salle de classe, dans une salle spécifique, etc...) qui sont mises en relation avec la fréquence des usages et les utilisateurs privilégiés de l'outil (professeur, élèves, etc..)

Concernant le rapport entretenu entre l'outil et les mathématiques, les enseignants devaient d'une part, se prononcer sur le degré de pertinence d'utilisation du TBI dans les différents domaines d'enseignement : nombres et calculs (NOMBRE), géométrie (GEOMETRIE), grandeurs et mesures (GM) et gestion de données (GD). Est retenu ici un découpage

à partir des grands domaines du programme, il s'agit de voir si les domaines habituellement outillés par les TUIC le sont également par l'outil TBI. Les enseignants devaient d'autre part se prononcer sur le degré de pertinence de l'usage de l'outil au cours de différents moments de classe : activité d'introduction (INTRO), cours (COURS) et exercices (EXO). Les différentes réponses ont été fournies au moyen d'une échelle de Likert à 5 niveaux.

Les ressources utilisées par les enseignants pour préparer leurs cours a fait l'objet d'une question ouverte : "*Avec quelles ressources travaillez-vous pour préparer les séances TBI ?*" (RES). Il s'agit ici de questionner le travail de conception des enseignants au sein de l'environnement du tableau et la possible variété des ressources utilisées. De même, concernant l'organisation de la classe, une seconde question ouverte a été posée : "*Quel type de travail privilégiez-vous pendant les séances TBI ?*" (TRAVAIL).

Trois variables signalétiques ont été posées : l'ancienneté dans le métier (ANC) (*entre 0 et 2 ans, entre 3 et 5 ans, entre 6 et 10 ans, entre 11 et 15 ans, plus de 15 ans*), la participation à une formation sur l'outil (FORM) (*oui, non*), l'ancienneté dans l'usage de l'outil (UT) (*moins de 1 an, entre 1 et 2 ans, entre 2 et 4 ans, plus de quatre ans*).

Concernant le profil des établissements, il s'agissait de renseigner trois questions sur le type d'établissement (ETA) (*collège, lycée, lycée professionnel*), le nombre de TBI installés dans l'établissement (NBTBI) (*un seul, entre 2 et 4, entre 4 et 8, plus de 8*) ainsi que sur la mise à disposition d'un TBI dans la salle informatique de l'établissement et son utilisation (INFO) (*il n'y a pas de salle informatique équipée d'un TBI, il y a une salle informatique équipée mais je n'utilise pas le TBI dans cette salle, il y a une salle informatique équipée et j'utilise le TBI dans cette salle*). Si ce lot de questions permet de disposer d'une photographie partielle de l'équipement en TBI des établissements ainsi que d'informer sur les stratégies d'équipement des établissements (salle informatique équipée, etc...), il permet d'autre part de questionner l'existence d'une dynamique entre fréquence d'usage de l'outil et taux d'équipement de l'établissement.

Enfin, pour le degré de satisfaction de l'outil, une question a été posée : "*Pourriez-vous aujourd'hui envisager d'enseigner sans le TBI*", les enseignants devant répondre par *oui, non* ou *oui mais difficilement*.

Nous résumons dans le tableau suivant l'ensemble des variables et modalités augmenté de leurs codages.

Variables	Codages	Modalités	Codages
Depuis combien de temps enseignez-vous ?	ANC	Entre 0 et 2 ans Entre 3 et 5 ans Entre 6 et 10 ans Entre 11 et 15 ans Plus de 15 ans	0-2 3-5 6-10 11-15 +15
Avez-vous participé à une formation TBI ?	FORM	Oui Non	FORM_OUI FORM_NON

Variables	Codages	Modalités	Codages
Depuis combien de temps utilisez-vous le TBI	UT	Moins de 1 an Entre 1 et 2 ans Entre 2 et 4 ans Plus de 4 ans	UT_1 UT_2 UT_3 UT_4
Quelle est la fréquence d'utilisation du TBI?	FREQ	Systématiquement à chaque cours Pratiquement à chaque cours Entre 3 et 5 fois par semaine Moins de 2 fois pas semaine	FREQ_1 FREQ_2 FREQ_3 FREQ_4
Disposez-vous d'un TBI dans votre salle de classe ?	DISP	Non Oui, mais également un tableau traditionnel Oui, uniquement un TBI	DISP_1 DISP_2 DISP_3
Dans quel type d'établissement enseignez-vous ?	ETA	Collège Lycée Lycée professionnel	ETA_1 ETA_2 ETA_3
Quel est le nombre de TBI installés dans votre établissement	NBTBI	Un seul TBI Entre 2 et 4 Entre 4 et 8 Plus de 8	NBTBI_1 NBTBI_2 NBTBI_3 NBTBI_4
Y a-t-il une salle informatique équipée d'un TBI dans votre établissement ? L'utilisez-vous ?	INFO	Non, il n'y a pas de salle informatique équipée Oui, mais je n'utilise pas le TBI dans cette salle Oui, et j'utilise le TBI dans cette salle	INFO_1 INFO_2 INFO_3
Disposez-vous de périphériques supplémentaires installés avec le TBI (webcam, appareil photo, boîtiers électroniques, tablettes graphiques) ?	PERI	Non Oui, un seul parmi ceux évoqués Oui, plusieurs parmi ceux évoqués Précisez	PERI_1 PERI_2 PERI_3
Les fonctionnalités offertes par le TBI vous paraissent-elles satisfaisantes pour un usage en mathématiques ?	FONCT	1 2 3 4 5	FONCT_1 FONCT_2 FONCT_3 FONCT_4 FONCT_5

Variables	Codages	Modalités	Codages
Pourriez-vous citer une fonctionnalité manquante du TBI ?	MANQ		
Dans les quatre domaines suivants, indiquez le degré de pertinence (1 signifie le moins pertinent, 5 le plus pertinent) d'utilisation du TBI : Nombres et Calculs	NOMBRE	1 2 3 4	NOMBRE_1 NOMBRE_2 NOMBRE_3 NOMBRE_4
Dans les quatre domaines suivants, indiquez le degré de pertinence (1 signifie le moins pertinent, 5 le plus pertinent) d'utilisation du TBI : Géométrie	GEOMETRIE	1 2 3 4	GEOM_1 GEOM_2 GEOM_3 GEOM_4
Dans les quatre domaines suivants, indiquez le degré de pertinence (1 signifie le moins pertinent, 5 le plus pertinent) d'utilisation du TBI : Grandeurs et Mesures	GM	1 2 3 4	GM_1 GM_2 GM_3 GM_4
Dans les quatre domaines suivants, indiquez le degré de pertinence (1 signifie le moins pertinent, 5 le plus pertinent) d'utilisation du TBI : Gestion de données	GD	1 2 3 4	GD_1 GD_2 GD_3 GD_4
Quel type de travail privilégiez-vous pendant les séances TBI ?	TRAVAIL		
Dans les trois moments de classe suivants (activité d'introduction, cours, exercices), indiquez le degré de pertinence de l'usage du TBI : Activités d'introduction	INTRO	1 2 3 4 5	INTRO_1 INTRO_2 INTRO_3 INTRO_4 INTRO_5

Variables	Codages	Modalités	Codages
Dans les trois moments de classe suivants (activité d'introduction, cours, exercices), indiquez le degré de pertinence de l'usage du TBI : Cours	COURS	1 2 3 4 5	COURS_1 COURS_2 COURS_3 COURS_4 COURS_5
Dans les trois moments de classe suivants (activité d'introduction, cours, exercices), indiquez le degré de pertinence de l'usage du TBI : Exercices	EXO	1 2 3 4 5	EXO_1 EXO_2 EXO_3 EXO_4 EXO_5
Pendant le déroulement des séances, qui manipule le TBI ?	MANIP	Plutôt vous Plutôt les élèves Vous et les élèves de façon équitable	PROF ELEVES PROF+ELEVE
Avec quelles ressources travaillez-vous pour préparer les séances TBI ?	RES		
Pourriez-vous aujourd'hui envisager d'enseigner sans le TBI ?	SANS	Oui Oui mais difficilement Non	SANS_1 SANS_2 SANS_3

CODAGE - QUESTIONNAIRE UTILISATEURS

5.2.2 Mise au point et passation

Pour contourner un certain nombre de problèmes relatifs à la mise en oeuvre de l'enquête, une version *bêta* a été testée auprès de quinze enseignants dont trois qualifiés d'experts car dispensant des formations à l'outil. Ce travail a permis d'ajuster le nombre de questions et parmi elles, le nombre de questions ouvertes pour maximiser le taux de réponses, la formulation de certaines questions dont l'interprétation pouvait porter à confusion. La place des questions a été modifiée, en privilégiant en début de questionnaire, des questions d'*amorce*, portant sur des éléments factuels et bien connus des répondants, et en reléguant les questions plus *sensibles* en fin d'enquête, ainsi que l'exhaustivité des réponses proposées. Nous avons également, dans la mesure du possible et en particulier pour le questionnaire à destination des utilisateurs de l'outil, privilégié des questions se référant à des actions par opposition à des pensées, ne faisant appel qu'à la mémoire par opposition à des appréciations, et se limitant à l'expérience personnelle du sondé (nous avons par exemple fait le choix de ne pas

questionner les enseignants sur la motivation ou la participation des élèves)

Administration et passation des questionnaires

L'ensemble des enseignants de mathématiques de trois académies a été contacté par voie électronique, avec l'aimable autorisation des corps d'inspection. Un mail explicatif, transmis sur la boîte de courrier professionnelle des enseignants, et précisant, en termes généraux, la nature du projet de recherche, invitait les enseignants à renseigner l'un ou l'autre des questionnaires en ligne. Ces derniers, créés à l'aide de la suite bureautique en ligne *Google documents*, outil gratuit et permettant la consultation et la récupération des résultats des répondants sous forme de fichiers électroniques directement exploitables⁷, ont été diffusés sur une période de trois mois⁸.

Taux de réponses et domaine de validité des questionnaires

Pour des raisons liés au mode d'administration des questionnaires, nous n'avons pas pu obtenir le nombre exact d'enseignants destinataires du mail explicatif, et parmi cette population, ceux susceptibles d'être directement concernés par les questionnaires. Reste que, malgré ces différentes limitations *Qui relèvent également de l'utilisation ou non de la boîte mail professionnelle*, 532 réponses (217 pour le questionnaire à destination des utilisateurs, 315 pour l'autre) ont été collectées ce qui semble souligner un certain intérêt porté par les enseignants sur la question de l'apparition de ce nouvel outil technologique dans l'enseignement.

Notons enfin que les répondants aux deux enquêtes ont été choisis au hasard, sur la base du volontariat. Le plan d'échantillonnage retenu ne répond donc pas à une méthodologie particulière⁹. Ceci appelle une certaine vigilance lors de l'exploitation des données recueillies, qui, en tout état de cause, ne peuvent être considérées comme représentatives de la population du corps enseignant. La validité externe des deux enquêtes est relative et les résultats obtenus sont à prendre comme de simples indicateurs, une photographie des croyances et usages de l'outil TBI de l'échantillon de population étudiée.

5.2.3 Méthodologie d'analyse

Le traitement statistique des enquêtes a été réalisé à l'aide du logiciel multi-plateformes R, distribué gratuitement par le CRAN (Comprehensive R Archive Network) à l'adresse suivante <http://cran.r-project.org/>. Ce logiciel de statistique permet notamment le stockage et la gestion des données. Il propose une collection intégrée d'outils d'analyse

7. Les données peuvent être récupérées sous forme de tableaux de données dans différents formats (.xls, .odt, .csv).

8. De janvier à mars 2010

9. Par exemple, par opposition à des plans d'échantillonnage basés sur la méthode des quotas, des grappes ou encore des strates.

statistique et un large éventail d'outils graphiques. En particulier, le package FactoMineR de R, développé par F. Husson, J. Josse, S. Lê et J. Mazet, a contribué à l'analyse exploratoire multidimensionnelle des données.

Traitement des non-réponses, des modalités rares et des questions ouvertes

Afin de préparer les données recueillies à l'analyse statistique, nous avons opéré un premier traitement sur ces dernières que nous détaillons ici pour le questionnaire adressé aux non utilisateurs. Le second questionnaire a fait l'objet d'un traitement similaire.

Nous avons, dans un premier temps, écarté de l'analyse les individus ayant répondu à moins de 70% des questions posées, ce qui correspond à 10 individus.

Concernant les données manquantes, différentes stratégies étaient envisageables¹⁰ et notamment deux : d'une part, supprimer les individus pour lesquels les valeurs sont manquantes et analyser les variables sur la population renseignée, avec le risque que l'analyse en question perde de son intérêt, notamment dans le cas de non-réponses effectives nombreuses, d'autre part, imputer une valeur là où les réponses sont manquantes, la question étant alors de savoir laquelle. Pour cela, il est possible de mettre en oeuvre une méthode basée sur les deux faits suivants : considérons deux variables x et y étroitement corrélées lorsque l'on prend en compte les individus complets pour elles deux. En présence d'une non réponse pour un individu i sur une modalité de y , il est possible d'estimer cette donnée manquante à partir de la valeur de x sur ce même individu. Aussi, dans le cas de deux individus i et j dont toutes les valeurs sont proches, en l'absence de valeur de j pour une variable k , il est possible de l'estimer par la valeur de i pour cette même variable k .

Le tableau ci-dessous résume le taux de non-réponses partielles aux différentes variables du questionnaire des non utilisateurs. Parce que le taux de non-réponses est globalement faible

TABLE 5.3 – Taux de non réponses - questionnaire non utilisateurs

Codes des variables	Non réponses	Taux de non réponses
ANC	1	0,3%
FORM	1	0,3%
TUIC	1	0,3%
RAIS	27	8,9%
UT	3	1%
REV	0	0%
TN	1	0,3%
LABEL	2	0,6%
PROJ	1	0,3%
COND	106	35%

10. Une autre voie consiste à rechercher les raisons et mécanismes des non-réponses mais cette stratégie ne présente pour notre étude que peu d'intérêt.

et que la seule variable, dont la contribution aux non réponses est élevée, est considérée comme variable supplémentaire¹¹ dans le traitement statistique principal, nous avons retenu la seconde stratégie. Cette dernière a été mise en oeuvre à l'aide du package missMDA développé par F. Husson et J. Josse.

Concernant les modalités rares, le résumé du jeu de données incite à regrouper certaines modalités de la variable RAIS entre elles du fait de leur faible effectif, ceci pour éviter que ces modalités n'influencent trop l'analyse. A la question "*Pourquoi n'utilisez-vous de TBI dans votre enseignement ?*", un enseignant a répondu à la fois qu'il n'y en avait pas dans l'établissement et que les difficultés d'accès à l'outil étaient rédhibitoires. Sans trahir complètement la pensée de ce répondant, nous avons regroupé cette modalité avec "*il n'y a pas de TBI dans l'établissement*". De même, cinq personnes ont répondu simultanément que leur établissement disposait de TBI mais pas pour les mathématiques et que les difficultés d'accès étaient rédhibitoires. Nous avons regroupé cette modalité avec la réponse : "*il y en a dans mon établissement mais pas pour les mathématiques*".

Concernant l'exploitation de l'information issue de l'unique question ouverte du questionnaire (COND), nous avons déjà indiqué qu'au regard des non-réponses, cette variable a été traitée comme supplémentaire dans les différents traitements opérés. Nous avons cependant exploité cette information de la façon suivante : les différents mots utilisés par les répondants ont été regroupés en fonction de leur signification.

L'intérêt principal du traitement de cette variable réside dans le fait de pouvoir mettre en relation le texte et les autres variables qualitatives de l'étude, afin de rendre plus efficace la qualité explicative des résultats. En outre, les résultats de l'analyse textuelle nous a permis de formuler certaines hypothèses de lecture des données et d'illustrer certaines relations entre variables qui n'étaient pas évidentes.

Choix de l'analyse

L'objectif de notre étude est de résumer un tableau de données dans lequel des individus sont décrits par des variables qualitatives, ce que permet l'analyse des correspondances multiples (ACM). L'ACM permet l'étude des ressemblances entre les individus du point de vue de l'ensemble des variables et ainsi la mise à jour de profils d'individus. Elle permet également de faire un bilan des liaisons entre variables et d'étudier les associations de modalités. Enfin, les individus peuvent être caractérisés par les modalités des variables.

Explication heuristique de l'Analyse des Correspondances Multiples

Les données issues des questionnaires sont susceptibles d'être étudiées à partir des individus, des variables et des modalités. Ces objets, de nature différente, conduisent à déployer des raisonnements sensiblement différents et que nous mettons en oeuvre dans le traitement des données.

11. A ce titre, elle n'intervient pas dans le calcul des distances entre individus

L'étude des individus consiste à dresser une typologie des individus en recherchant les ressemblances du point de vue de l'ensemble des variables. Il s'agit dès lors de se munir d'une *distance* qui permette d'évaluer la proximité de deux individus. Un premier choix, qui consisterait en la comparaison de la présence-absence des modalités choisies par les individus, permettrait de rendre compte des deux cas de figures suivants : - si deux individus prennent les mêmes modalités, la distance qui les sépare doit être nulle - si deux individus ont en commun un grand nombre de modalités, ces individus doivent être proches.

Cependant, sur cette seule base, la distance entre deux individus dépendrait exclusivement de leurs caractéristiques et pas de celles des autres individus. Cette prise en compte des autres individus dans le calcul de cette distance est d'importance dès lors que l'on souhaite prendre en compte plus finement les spécificités communes des individus. En particulier, si deux individus ont en commun un grand nombre de modalités sauf une qui est prise par un des individus et rarement par l'ensemble des autres, la distance choisie doit permettre de les éloigner afin de prendre en compte la spécificité d'un des deux. De la même manière, si deux individus ont en commun une modalité rare, il s'agira de les rapprocher quelles que soient leurs différences par ailleurs afin de prendre en compte leur spécificité commune.

Ces différents cas de figures permettent ainsi de constater qu'il est nécessaire dans le choix de la distance, de comparer les individus modalité par modalité en veillant à prendre en compte la rareté ou le caractère général de la modalité.

Concernant l'étude des variables et des modalités, il s'agit de dresser un bilan des liaisons entre les différentes variables. Parce que l'information portée par une variable peut être étudiée au niveau des modalités, l'ACM se focalise en particulier sur l'étude des modalités, une modalité représentant à la fois une variable et un groupe d'individus¹². La distance définie sur les modalités doit permettre de rendre compte que deux modalités k et k' , représentant chacune un groupe d'individus, sont d'autant plus éloignées qu'elles ont peu d'individus en commun, autrement dit que le nombre d'individus prenant soit la modalité k , soit la modalité k' est grand. (on note ce nombre $I(k \neq k')$ par la suite)

Une pondération de cette distance par l'effectif de chaque modalité est cependant nécessaire comme le montre le cas suivant : considérons trois modalités k , k' et k'' représentant respectivement 10, 100 et 100 individus. Supposons que les modalités k et k' n'aient aucun individu en commun, et que les modalités k' et k'' aient 45 individus en commun. On a alors $I(k \neq k') = 110$ et $I(k' \neq k'') = 55 \times 2 = 110$. Pourtant, k et k' ont 0% d'individus en commun, alors que k' et k'' ont 45% d'individus en commun. La prise en compte de l'effectif de chaque modalité doit permettre de plus éloigner les modalités k et k' que les modalités k' et k'' .

Classification hiérarchique et ACM

Le fait de disposer de plusieurs points de vue ne peut que renforcer la solidité des conclusions

12. C'est à dire l'ensemble des individus qui prennent cette modalité

dans une analyse statistique exploratoire. La méthode d'analyse des correspondances multiples fournit principalement des représentations synthétiques des individus, des variables ou encore des modalités. Le mode de représentation privilégié de ces objets est le nuage de points évoluant dans un espace euclidien, dans lequel les distances entre points s'interprètent en termes de ressemblances pour les individus et les modalités, en terme de corrélation pour les variables.

Un des objectifs de l'analyse est de proposer une classification des enseignants en différentes classes correspondants à des profils distincts. Un autre mode de représentation, plus intuitif que celui proposé par l'ACM et qui met en évidence les parentés est l'arbre hiérarchique, nous le mettons en oeuvre dans la construction des profils.

Analyse hiérarchique et analyse des correspondances multiples s'inscrivent dans une même perspective. Ces deux approches opèrent sur le même jeu de données (un tableau individus x variables) et utilisent la même distance euclidienne entre individus. L'idée de combiner ces deux approches permet ainsi d'obtenir une méthodologie riche.

Cette brève présentation heuristique pourra être complétée par la lecture, en annexe E, d'un complément sur le calcul des distances entre individus et entre modalités en ACM ainsi que sur la méthode de classification retenue.

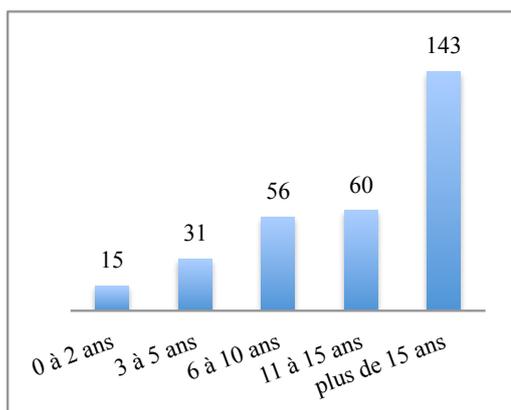
5.3 Etude des questionnaires

5.3.1 Etude du questionnaire à destination des non utilisateurs

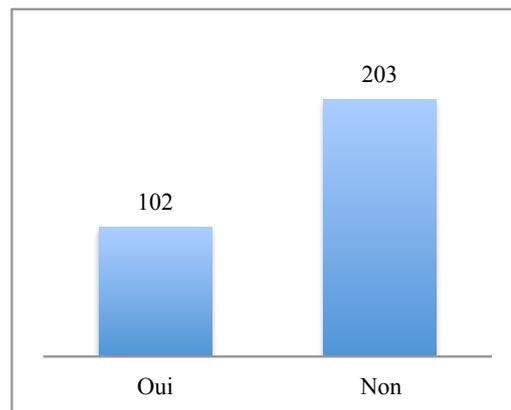
Présentation des données analysées

L'échantillon étudié comporte 315 individus, nous avons écarté 10 d'entre eux ayant un dossier d'enquête incomplet. Le résumé ci-dessous (tri à plat sur l'ensemble des questions de l'enquête) indique comment se répartissent les réponses à chacune des questions posées dans le premier questionnaire après regroupement et traitement des non-réponses¹³.

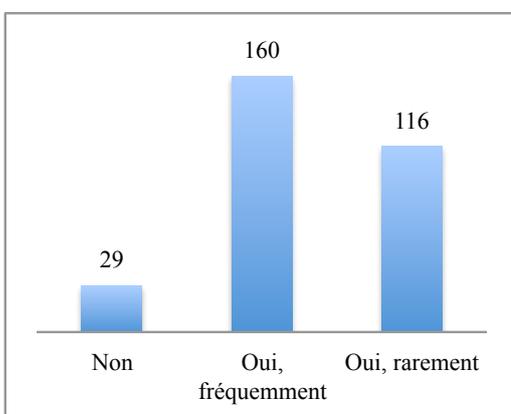
13. En annexe E, vous trouverez un résumé, variable par variable, des modalités prises par les individus. Des ellipses de dispersion permettent de visualiser si deux modalités sont significativement différentes ou non



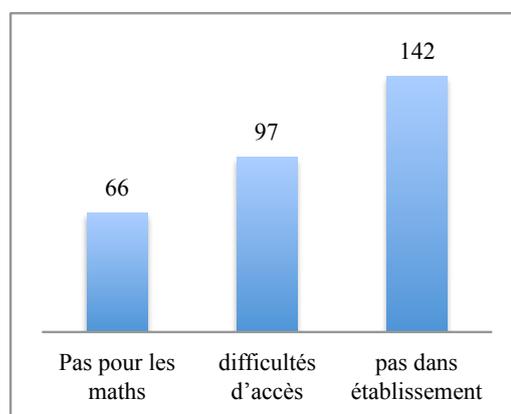
ANCIENNETÉ DANS LE MÉTIER



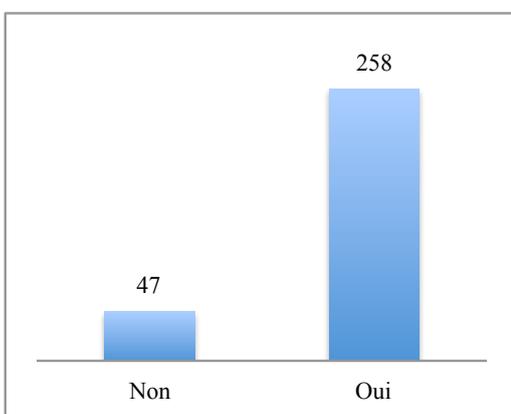
FORMATION TBI



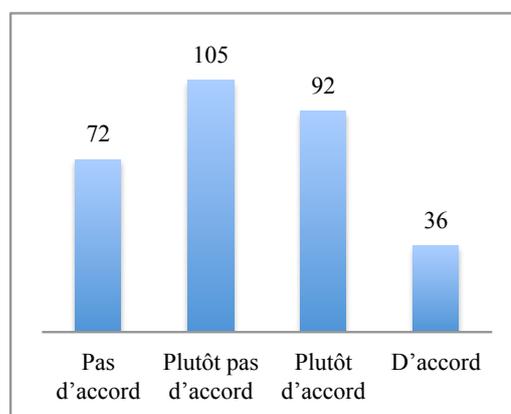
USAGE DES TUIC



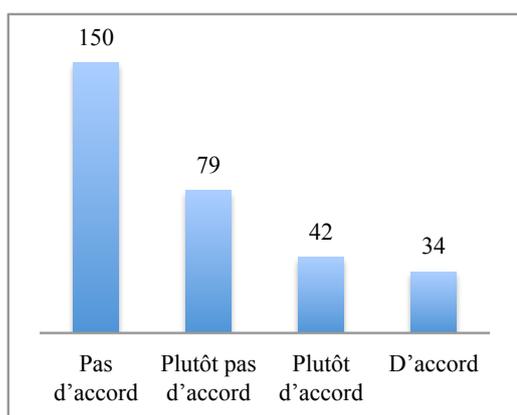
NON USAGE DU TBI



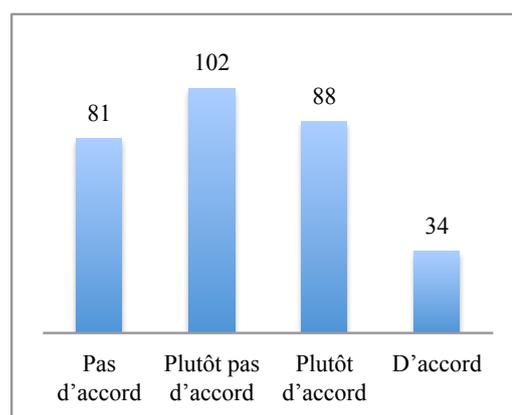
USAGE POTENTIEL DU TBI



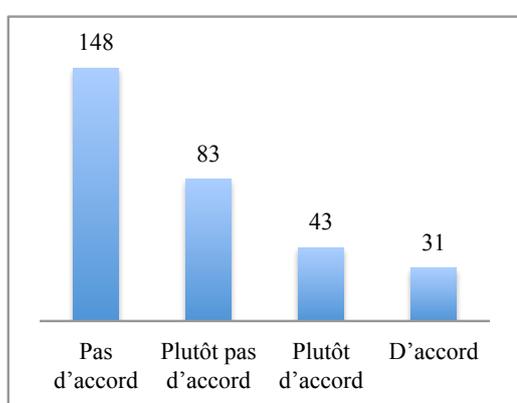
LE TBI, UNE RÉVOLUTION ?



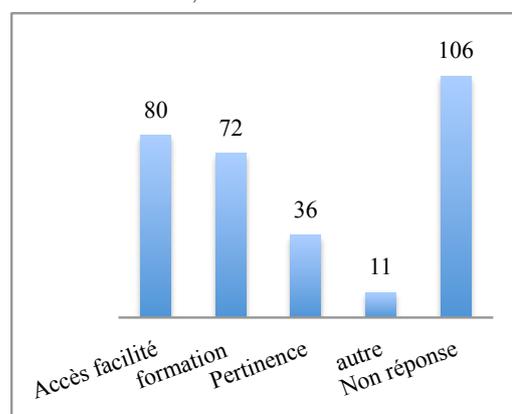
ADIEU LE TABLEAU NOIR ?



LE TBI, UN LABEL TUIC ?



RIEN DE MIEUX QUE LE VIDÉO-PROJECTEUR ?



A QUELLE CONDITION UTILISER LE TBI ?

Caractéristiques de la population étudiée

Avec deux tiers des répondants affichant plus de 11 années d'exercice du métier, la population à l'étude est majoritairement constituée d'enseignants confirmés, ayant développés une certaine forme d'expertise de l'enseignement des mathématiques. Avec 9% des sondés déclarant ne jamais avoir recours aux nouvelles technologies, l'usage de TUIC est relativement installé, voire routinière pour plus de la moitié d'entre eux. Une formation à l'outil TBI a été dispensée à un tiers des enseignants interrogés. 85% des enseignants déclarent n'être pas opposés à recourir à ce nouvel outil, certaines conditions préalables sont cependant mise en avant : 40% d'entre eux conditionnent son usage à un accès facilité à l'outil, voire une installation permanente dans la salle de classe de l'enseignant, 36% expriment un besoin de formation et 18% demandent une preuve de la plus-value de cet outil dans leur enseignement.

L'arrivée des TBI dans l'enseignement n'est pas synonyme d'abandon du traditionnel tableau noir pour plus des trois quarts des répondants mais elle est, en revanche, susceptible d'appeler une certaine forme de renouveau dans les pratiques installées, 75% des enseignants interrogés voyant dans le TBI des potentialités nouvelles par rapport au vidéo-projecteur et

60% se trouvant plutôt en désaccord avec l'idée que cet outil n'aurait comme seule vertu de servir de prétexte à un enseignement *labellisé* TUIC.

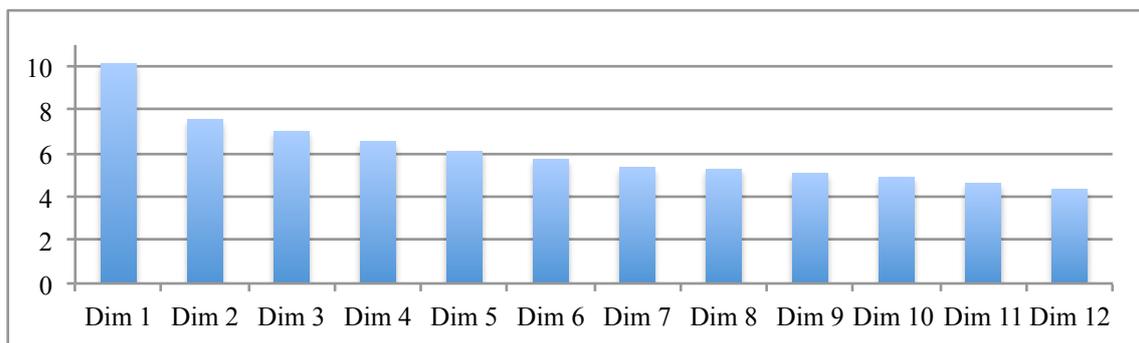
5.3.2 Mise en oeuvre de l'analyse

Choix des variables actives

Au vu des objectifs annoncés précédemment, il semble naturel de décrire les individus en fonction de leurs réponses aux dix questions. Les différentes variables sont donc considérées comme actives, hormis d'une part, la variable COND, considérée comme supplémentaire, et à ce titre, n'intervenant pas dans la construction des axes factoriels, de même pour les modalités qui lui sont associées, et d'autre part, la variable RAIS, variable sur laquelle les enseignants n'ont potentiellement que peu de contrôle.

Analyse

Le diagramme des valeurs propres associées aux douze premières dimensions de l'ACM conduit à interpréter les deux premières axes factoriels¹⁴.



VALEURS PROPRES ASSOCIÉES AU DOUZE PREMIÈRES DIMENSIONS DE L'ACM

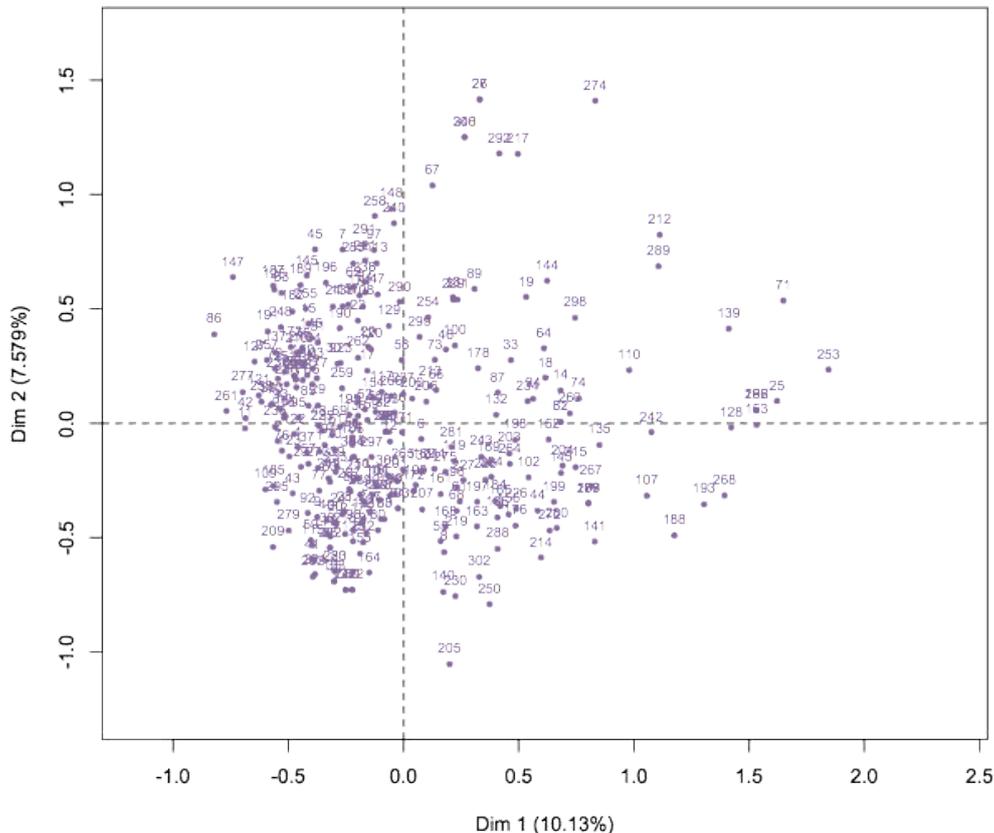
Les deux lignes de code suivantes permettent de réaliser une telle analyse et de visualiser le nuage des individus.

```
>res <- MCA(Q1, quali.sup = c(4,6))
>plot MCA(res, invisible=c("var", "quali.sup"), cex=0.7)
```

Le graphe des individus pour les deux premiers axes factoriels (17,7% d'inertie expliquée) est fourni ci-dessous¹⁵.

14. nous détaillons en annexe E ce propos. De manière plus général, nous proposons dans cette annexe une explication plus didactique de l'analyse pour le lecteur peu familier avec ce type de traitement statistique

15. En annexe E figurent des exemples de graphes colorés des individus en fonction d'une variable, une couleur étant utilisée pour chaque modalité de la variable.



GRAPHE DES INDIVIDUS POUR LES DEUX PREMIERS AXES FACTORIELS

Ce nuage comportant 305 points revêt une forme plutôt homogène. Trois groupes se détachent sensiblement du nuage principal. Un premier groupe (G1) constitué autour des individus 153, 253, 25 et 71 et deux autres groupes, opposés sur le deuxième axe, d'une part, les individus regroupés autour des individus 26, 27, 217 et 274 (G2), et d'autre part, l'individu 205 (G3). Notre analyse se centre dans un premier temps sur ces trois groupes d'individus, représentatifs de tendances exprimées dans le questionnaire. Leur étude permet l'orientation des axes factoriels du graphe, utile dans un second temps pour parvenir à une interprétation plus fine des résultats de l'analyse.

Les enseignants du premier groupe sont proches car ils partagent de nombreuses modalités en commun. Ces derniers n'utilisent pas les TUIC dans leur enseignement, et déclarent ne pas vouloir utiliser le TBI, jugeant que celui-ci n'apporte aucune plus-value. C'est le recours aux nouvelles technologies dans l'enseignement qui est ici rejeté et cette position de principe s'exprime fortement dans les réponses renseignées à la question ouverte, avec cependant, des justifications d'ordre différent : lorsque l'un met en avant ce que devrait être l'activité mathématique *"Les mathématiques ne constituent pas une science expérimentale comme on voudrait bien nous le faire croire. L'utilisation du TBI (et plus généralement des TICE)*

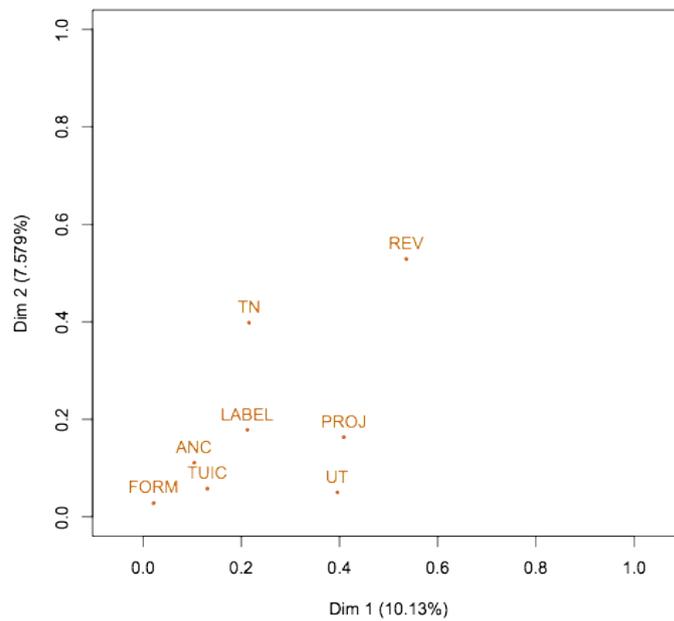
ne se justifie absolument pas et détruit un peu plus l'enseignement des mathématiques. Plus personnellement je n'ai jamais eu besoin d'une machine pour faire des mathématiques y compris pour décrocher l'agrégation externe. Il suffit de prendre son stylo et de raisonner... La "science spectacle" très peu pour moi!", l'autre dénonce avec force le rapport entre l'utilité et le coût d'un tel dispositif : "le TBI est un outil de luxe pour un enseignement qui tombe de plus en plus dans le misérabilisme et l'inefficacité. C'est un instrument génial et qui serait super dans un pays économiquement sain, dispensant un enseignement apportant quelque chose de positif aux délaissés de nos classes : les pauvres gosses que notre intellectualisme laisse sur le bord. Tout l'argent que l'on met dans ces machines de luxe ne peut plus être consacré à des activités moins clinquantes : le travail manuel. Et cela est désolant de voir la régression de notre enseignement en quelques décennies. Le TBI est une fuite en avant. Les gens qui décident de notre enseignement pourront dire : on a mis le paquet ! Oui, en oubliant l'essentiel...". Les deux autres groupes d'individus s'opposent sur le deuxième axe car ils possèdent très peu de modalités en commun. L'individu 205 utilise fréquemment les TUIC dans son enseignement. Il n'a pas suivi de formation à l'outil TBI et déclare ne pas vouloir l'utiliser, questionnant l'utilité de ce dispositif par rapport à un vidéo-projecteur installé dans sa classe ("A condition d'être parfaitement convaincu que l'outil apporte effectivement plus qu'un PC et un vidéoprojecteur. La préparation semble longue pour le bénéfice éventuel, contrairement à la simplicité de mise en oeuvre d'une illustration au vidéoprojecteur"). Le dernier groupe, quant à lui, est constitué d'enseignants favorables à l'usage du TBI. Utilisateurs occasionnels des TUIC, ils voient dans le TBI un outil leur permettant d'accéder et d'intégrer plus facilement les nouvelles technologies dans leur pratique.

Cette première étude exploratoire laisse apparaître une situation dépassant une traditionnelle vision dichotomique entre "technophiles" et "technophobes". Si le rejet des TUIC est affirmé de manière appuyée chez le premier groupe d'enseignants, l'usage des TUIC ne semble pas un préalable à l'usage du TBI, voire même s'érige en obstacle à l'adoption de l'outil, l'expérience acquise dans la pratique régulière des TUIC permettant de questionner l'éventuelle plus-value de ce nouveau dispositif par rapport à ceux existants.

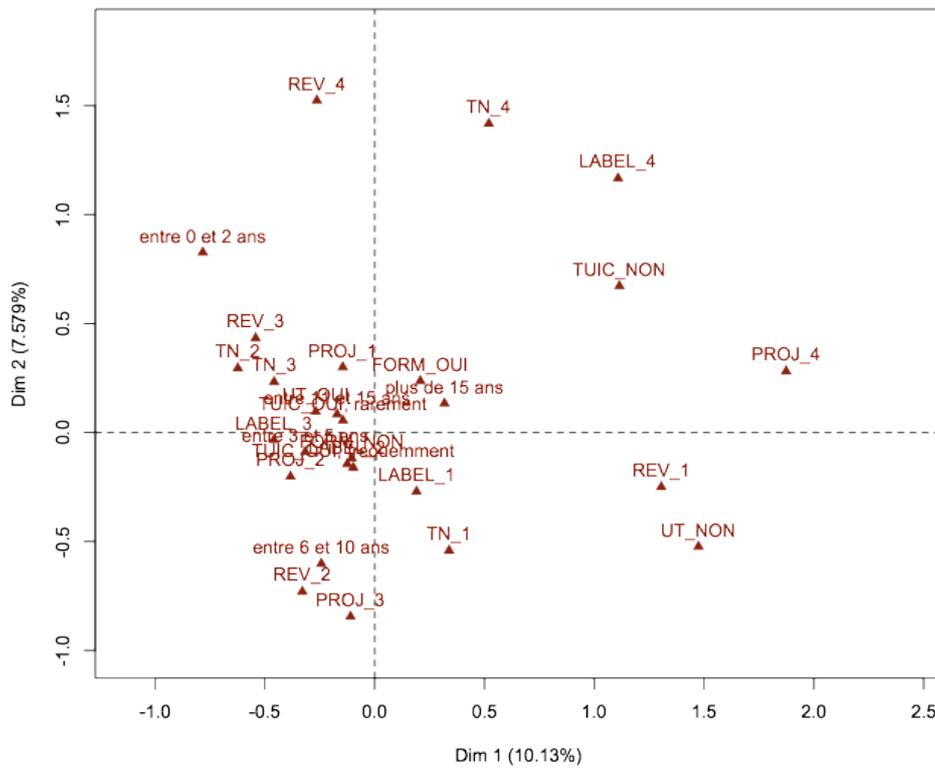
Dans la suite, nous proposons d'investir plus finement certaines régularités chez les répondants, ceci passe par l'étude des modalités à travers les individus qu'elles représentent. La construction du graphe avec l'ensemble des modalités des variables actives permet d'apprécier les grandes tendances qui se dégagent de l'analyse.

Les nuages des variables et des modalités actives présentés ci-dessous sont obtenus respectivement par les deux lignes de commande suivantes :

```
>plot.MCA(res, choix = "var")
>plot.MCA(res, invisible=c("ind", "quali.sup"))
```



REPRÉSENTATION PLANE DU NUAGE DES VARIABLES ACTIVES



REPRÉSENTATION PLANE DU NUAGE DES MODALITÉS ACTIVES

Il est possible d'affiner ces résultats en accédant aux valeurs numériques des contributions des variables ainsi que de leurs modalités pour chacune des dimensions. Le tableau four-

nissant une description des deux premières dimensions de l'ACM par les variables et les modalités et sa lecture sont fournis également en annexe E.

Le première axe du graphe des modalités actives oppose un profil d'enseignants (à droite) réfractaires à l'usage de l'outil et plus globalement à l'usage des TUIC en général dans leur enseignement, mettant en doute largement son utilité, à des enseignants (à gauche) qui ne s'interdisent *a priori* pas l'usage de l'outil. On trouve ici des utilisateurs des TUIC, qui demeurent partagés sur l'utilité de l'outil.

Le deuxième axe oppose principalement des enseignants enthousiastes quant à l'arrivée des TBI dans les classes aux réfractaires à son entrée dans l'enseignement.

L'analyse des deux axes factoriels dans le détail permet de compléter l'analyse. Le deuxième axe de l'ACM des modalités actives met en opposition, d'un côté, des enseignants ayant reçus une formation à l'outil (FORM_OUI) et pour lesquels le TBI est perçu comme un outil n'offrant que peu d'amélioration comparativement au vidéo-projecteur (PROJ_3, PROJ_4), et de l'autre, des enseignants qui pensent voir dans le TBI un outil dont les fonctionnalités supplantent celles qu'un simple dispositif de vidéo-projection (PROJ_1, PROJ_2) est susceptible d'offrir. Ils n'ont par ailleurs, pas suivi de formation spécifique (FORM_NON). Notons que ce dernier groupe n'a recours aux TUIC plutôt qu'occasionnellement. Ce premier constat questionne directement les effets potentiels d'une formation à l'outil sur les enseignants et plus largement la représentation que se font les enseignants de ce nouvel outil par rapport aux outils TUIC existants.

Une analyse univariée complétant l'analyse multidimensionnelle permet de mieux caractériser les effets d'une telle formation en s'intéressant à la description de la variable FORM ainsi qu'aux individus définis par les modalités de cette variable¹⁶.

Les résultats obtenus semblent indiquer que les formations dispensées aux non utilisateurs de l'outil TBI ne permettent pas d'emporter la conviction des formés concernant les bénéfices de l'usage d'un TBI par rapport à celui d'un système de vidéo-projection. Autrement dit, les espérances et croyances attachées à l'arrivée de cette nouvelle technologie dans la classe de mathématiques semblent ne pas être satisfaites par la formation.

Un retour sur les réponses fournies à la question ouverte du questionnaire apporte quelques éléments d'explication. Parmi les répondants ayant suivis une formation, l'absence d'une coloration disciplinaire forte est évoquée : *"une formation sérieuse qui ne se limite pas à une demi-journée toutes matières confondus"*, *"une formation dans la matière avec des besoins spécifiques est indispensable"*, *"une formation qui devrait être organisée par un collègue de la matière"* etc... On trouve également des enseignants peu convaincus de l'utilité d'un tel dispositif : *"je n'ai pas trouvé lors de la présentation d'intérêt à son usage"*, *"j'ai juste du mal malgré deux stages à me lancer dans la préparation des cours sur Activ Studio qui est*

16. Une telle investigation est conduite et explicitée en annexe E (Khi deux FORM-PROJ : p-value=0,0248, df=3 - caractérisation des modalités de FORM avec les modalités de PROJ et significativité des liaisons : fonction *catdes* de R)

le logiciel de gestion des TBI dans notre lycée... Le vidéo projecteur est plus facile d'accès, utilisant l'ordinateur et ses logiciels directement" etc...

La formation reçue ne semble donc pas nécessairement convaincre de potentiels futurs usagers de l'outil. Elle semble outiller insuffisamment les enseignants pour permettre le passage à l'acte, ces effets sur les déclarations d'intentions d'usage du TBI n'apparaissant pas très marqués. En effet, si 84% des enseignants se déclarent prêts à utiliser le TBI, le test du Khi deux réalisé ci-dessous entre les variables UT et FORM ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'indépendance entre ces deux variables.

```
> tab.cont <- xtabs(FORM+UT, data=Q1)
> chisq.test(tab.cont)
```

<i>Test du Khi-deux</i>		
X-squared=0,8746	df=1	p-value=0,3497

5.3.3 Profil des enseignants non utilisateurs

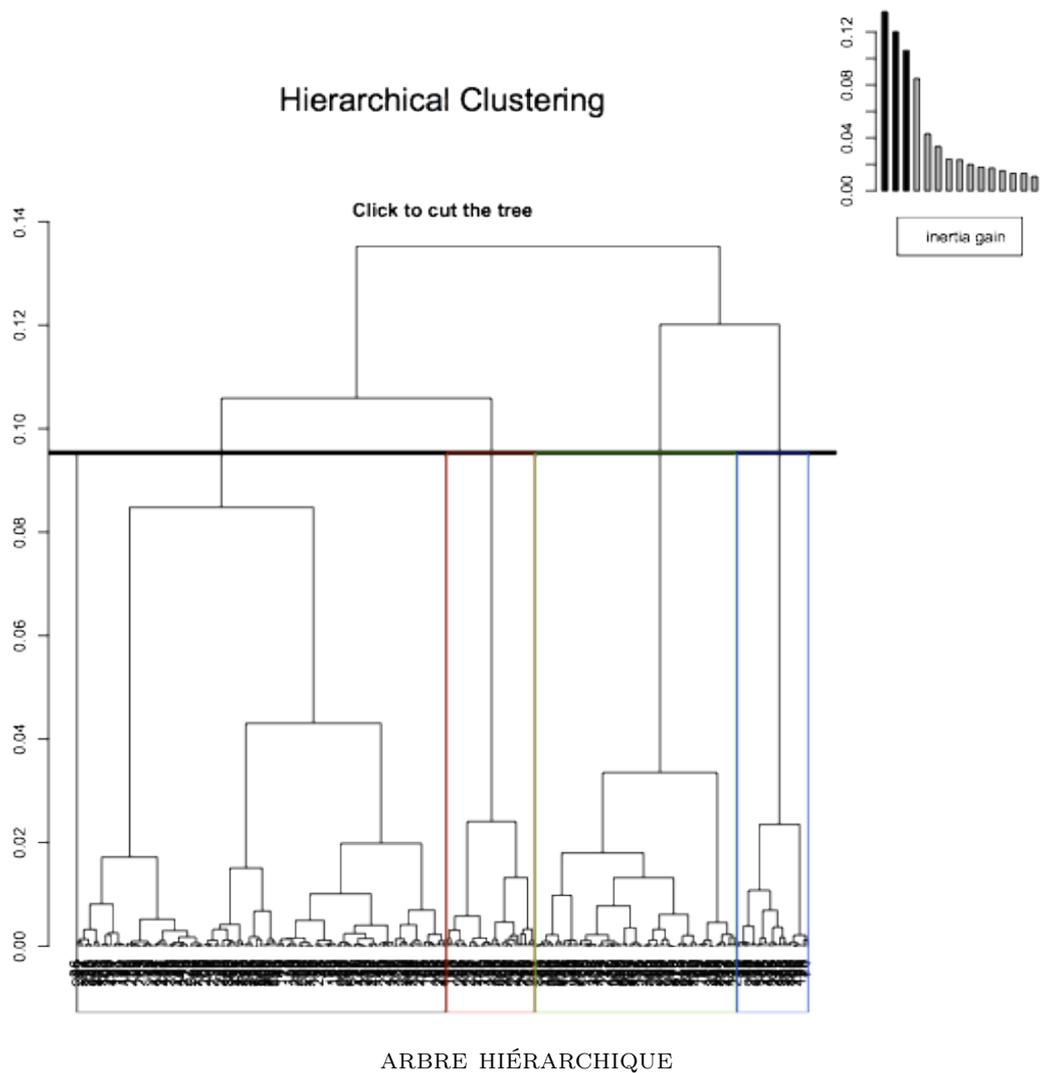
Analyse hiérarchique

L'objectif est de proposer une classification des 305 enseignants en quelques classes correspondants à des profils distincts. Pour l'ACM, seules les variables COND et RAIS avaient été considérées comme supplémentaires, ici encore, ces mêmes variables ne serviront pas à la construction des classes. Aussi, parce que les derniers axes de l'ACM sont généralement considérés comme du bruit qu'il est préférable de supprimer pour construire une classification plus stable, nous choisissons de conserver les 16 premiers axes qui résument 88% de l'inertie totale¹⁷.

Les instructions suivantes permettent de mener l'analyse :

```
> res<-MCA(Q1, ncp=16, quali.sup=c(4,6), graph=FALSE)
> res.hcpc <- HCPC(res)
```

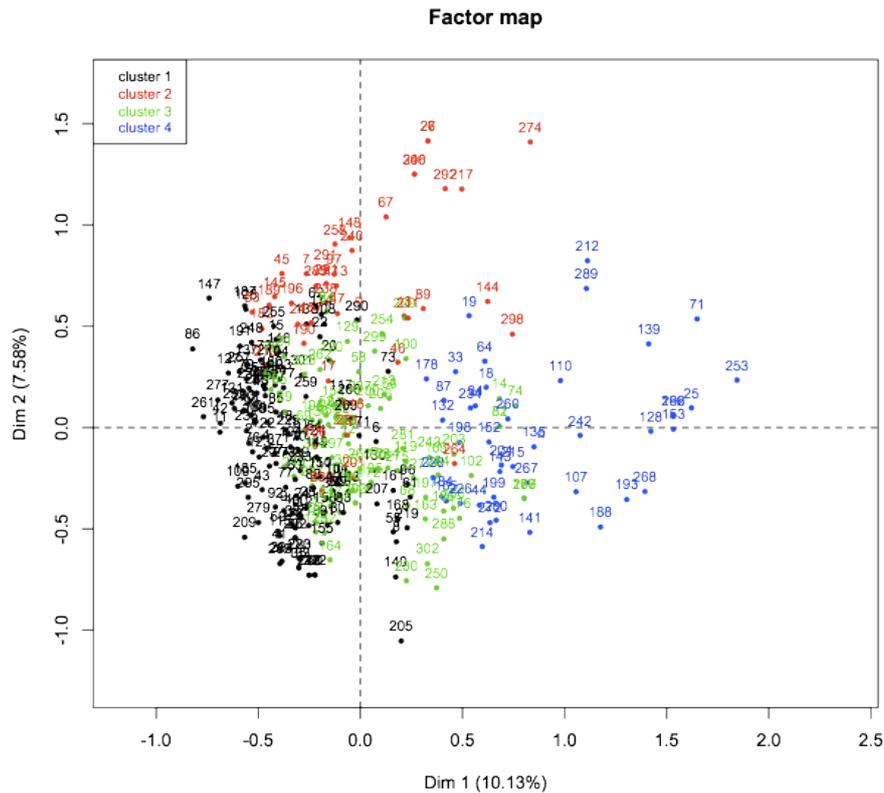
17. Un autre choix consistait à ne conserver pour l'analyse hiérarchique que les axes interprétés lors de l'analyse factorielle, nous l'avons conduit par ailleurs avec des résultats convergents, ce qui assoie a posteriori l'interprétation de l'analyse factorielle précédente et la stabilité de l'analyse hiérarchique.



L'allure de l'arbre hiérarchique, de même que le diagramme des inerties associées aux noeuds, suggère une partition en quatre classes.

Il est possible de colorier les individus sur le premier plan factoriel en fonction de la classe à laquelle ils appartiennent.

```
> plot(res.hcpc,choice="map", ind.names=FALSE)
```



REPRÉSENTATION DE LA PARTITION SUR LE PLAN FACTORIEL

Pour décrire les caractéristiques des individus de chacune des classes, autrement dit, leur profil, on utilise la description des classes par les variables et par les axes¹⁸. Les descriptions par les modalités, quant à elles, sont simplifiées en ne conservant que les modalités surexprimées associées à une probabilité critique inférieure à 2%

```
> res.hcpc$desc.var$test.chi2
```

```
> res.hcpc$desc.var$category
```

Classification

Deux premiers profils, sous représentés parmi les répondants au questionnaire (un trentaine d'individus composent chacune de ces deux classes) peuvent être exhibés.

Plus dans le détail, une première catégorie se caractérise par des enseignants plutôt réfractaires à l'entrée de cet outil dans l'enseignement. 86% d'entre eux ne considèrent pas cet outil comme révolutionnaire. Ils sont très septiques quant à sa plus-value sur un vidéo-projecteur et se prononcent plutôt contre son utilisation.

Il est possible d'illustrer cette classe par des individus particuliers. Deux sortes d'individus peuvent être exhibés : d'une part les *parangons*, c'est à dire ceux les plus proches du centre de la classe, d'autre part, les *individus spécifiques*, c'est à dire ceux les plus éloignés des

18. Ces résultats sont présentés dans l'annexe E

centres des autres classes.

res.hcpc\$desc.ind

Parangons						Individus spécifiques					
Classe 1	54	63	111	150	78	Classe 1	9	216	86	11	109
	0,255	0,332	0,332	0,332	0,338		1,733	1,609	1,605	1,605	1,581
Classe 2	7	45	148	291	182	Classe 2	67	246	300	26	27
	0,359	0,368	0,532	0,533	0,534		1,891	1,891	1,891	1,855	1,855
Classe 3	16	180	206	21	72	Classe 3	250	302	81	82	167
	0,268	0,268	0,320	0,347	0,347		1,545	1,326	1,318	1,318	1,278
Classe 4	242	44	152	188	143	Classe 4	71	253	25	166	192
	0,281	0,427	0,508	0,520	0,585		2,276	2,208	2,017	1,948	1,948

La première ligne du tableau ci-dessus indique les cinq individus les plus proches du centre de la classe ainsi que la distance entre cinq individus et le centre de la classe la plus proche. Ainsi, l'individu 242 représente au mieux les individus de la classe 4. L'individu 71 est quant à lui, spécifique de cette classe, car le plus éloigné des centres des autres classes. Cet individu peut donc être considéré comme le plus particulier de la classe.

On retrouve dans l'examen de ces individus le fait que ce regard négatif porté sur l'outil ne se limite pas à la sphère des enseignants non utilisateurs des TUIC, et trouve écho chez des utilisateurs initiés à l'usage des nouvelles technologies dans leur enseignement. La moitié des 36 enseignants composant cette première classe se déclarent, en effet, utilisateurs fréquents des TUIC. Un autre constat peut être fait, concernant la formation, puisque la moitié des enseignants partageant ce profil ont suivi une formation à l'outil.

Les enseignants issus de la seconde classe partagent une vision plutôt enthousiaste sur l'outil TBI. 72% d'entre eux jugent cet outil révolutionnaire. Ils y entrevoient un candidat sérieux au remplacement du traditionnel tableau noir et se prononcent majoritairement (95%) favorables à son usage. Les trois quart n'ont pas suivi de formation à l'outil. Notons enfin que le recours aux TUIC dans la pratique de ces enseignants est déclaré rare ou inexistant pour deux tiers d'entre eux.

Une troisième catégorie, représentant 20% des enseignants interrogés, constitue un autre de profil de répondants. Si ces derniers sont convaincus des potentialités de l'outil (68% des enseignants en désaccord avec le fait que le TBI est un outil permettant de continuer à enseigner comme avant avec un label TUIC sont dans cette classe et 88% d'entre eux s'accordent sur les plus-values d'un tel dispositif), ils restent cependant majoritairement attachés au tableau traditionnel. Le TBI est ici plutôt perçu comme un outil pouvant compléter et enrichir utilement les usages du tableau noir.

Avec 58% d'enseignants, le dernier profil est le plus répandu. Sans être révolutionnaire, l'arrivée de cet outil dans les classes n'est pas jugé problématique (90% se déclarent prêts à en faire usage) dans la mesure où elle n'est pas perçue comme engendrant des changements

notables dans la pratique de ces enseignants. Les trois quart non pas suivi de formation à l'outil. Si les avantages entrevus de l'outil ne sont pas très marqués, reste que ces enseignants sont majoritairement prêts à intégrer l'outil dans leurs pratiques de classe.

La prise en main par les enseignants de l'objet technologique TBI et sa mobilisation au service de leurs projets professionnels s'inscrivent nécessairement dans une genèse instrumentale. A l'issue de l'examen de ce premier questionnaire, différentes questions se posent : dans quelle mesure une pratique régulière vient-elle modifier un premier regard porté sur l'outil ? quels sont les usages qui se développent et se stabilisent ? quelles sont les raisons qui motivent l'adhésion des enseignants à ce nouvel environnement technologique ?

Ce sont en particulier ces questions qui seront abordées lors de l'étude du second questionnaire dans la section suivante.

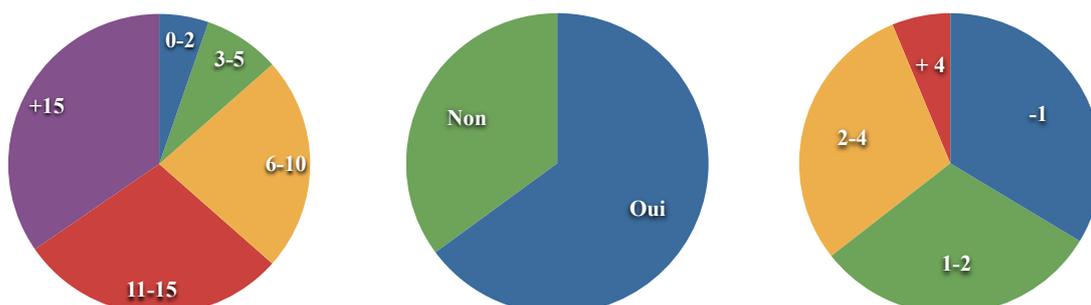
5.3.4 Etude du questionnaire à destination des utilisateurs des TBI

Présentation des données analysées

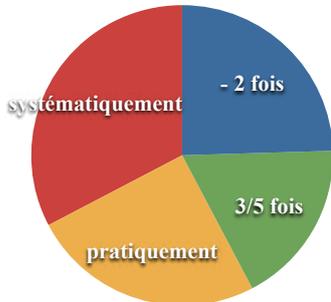
L'échantillon étudié comporte 217 individus, nous avons écarté 9 individus ayant un dossier d'enquête incomplet. Les tris à plats réalisés montre que le taux de non-réponses est variable selon les questions, le taux le plus élevé correspondant à la question ouverte concernant les fonctionnalités manquantes de l'outil TBI. Nous ne détaillons pas le traitement effectué sur ces premières données puisqu'il reprend, en tout point, la méthodologie déployée lors du traitement du premier questionnaire.

A travers ce questionnaire, nous cherchons dans un premier temps à mettre en évidence différents profils d'utilisateurs, c'est à dire à obtenir une typologie des personnes interrogées fonction de leur rapport à l'outil TBI. Il s'agit d'autre part, d'examiner si cette typologie n'est pas sans lien avec les variables de signalétique, en étudiant la liaison de ces dernières avec les principaux facteurs de variabilité des profils d'utilisateurs de la technologie TBI.

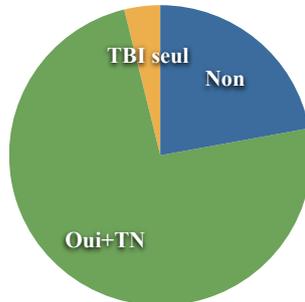
Ci-dessous est fourni les tris à plat des premières variables, en particulier les variables signalétiques. Nous nous intéressons dans cette première prise de contact avec les données aux caractéristiques des répondants ainsi qu'aux profils des établissements.



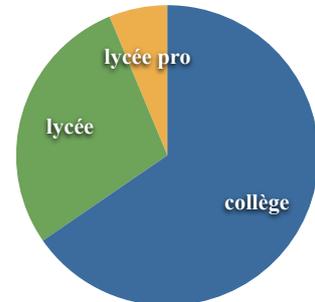
ANCIENNETÉ DANS LE MÉTIER



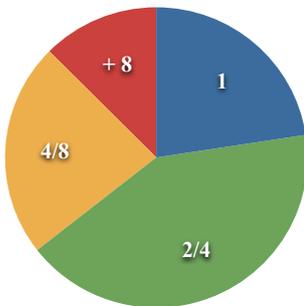
FORMATION À L'OUTIL



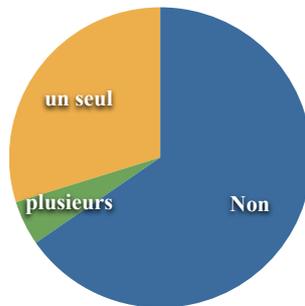
ANCIENNETÉ DANS L'USAGE DE L'OUTIL



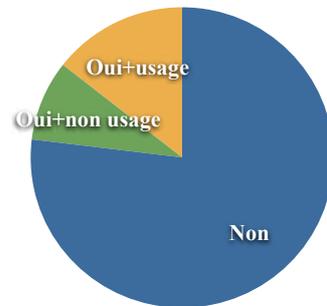
USAGE DE L'OUTIL PAR SEMAINE



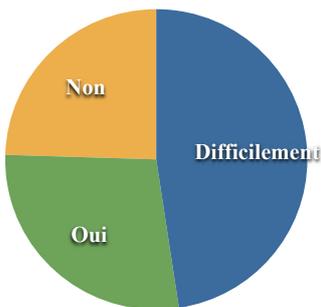
PRÉSENCE DE L'OUTIL DANS LA CLASSE



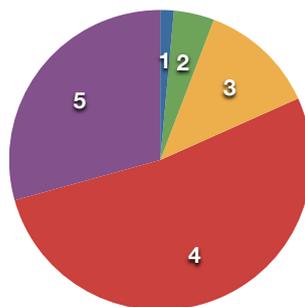
TYPE D'ÉTABLISSEMENT



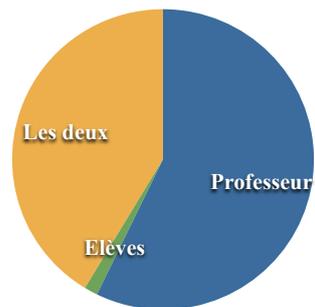
NOMBRE DE TBI DANS L'ÉTABLISSEMENT



USAGE DE PÉRIPHÉRIQUES



ÉQUIPEMENT SALLE INFORMATIQUE

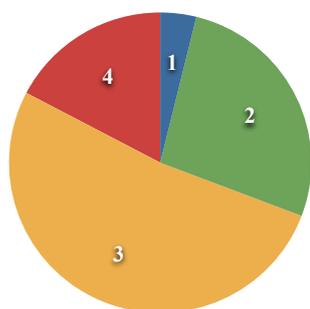


ABANDON DU TBI

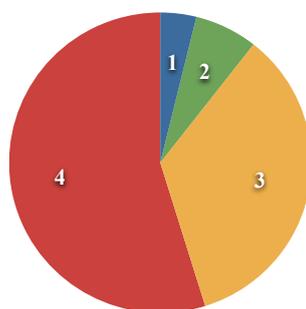
DEGRÉ DE SATISFACTION DE L'OUTIL

UTILISATION DU TBI

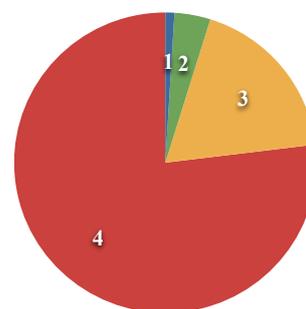
DEGRÉ DE PERTINENCE DU TBI DANS DIFFÉRENTS DOMAINES DE SAVOIRS (PAR ORDRE CROISSANT)



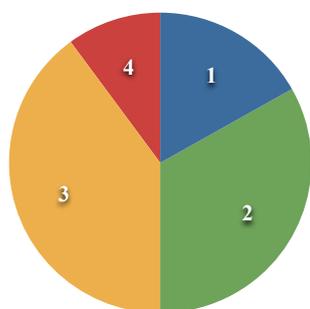
DOMAINE DES GRANDEURS
ET MESURES



DOMAINE DE LA GESTION
DE DONNÉES

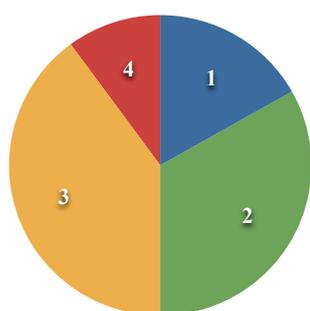


DOMAINE GÉOMÉTRIE

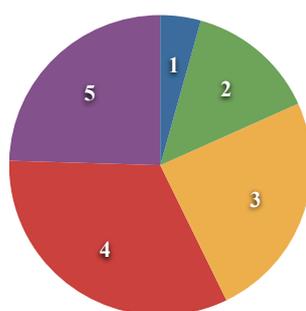


DOMAINE DES NOMBRES

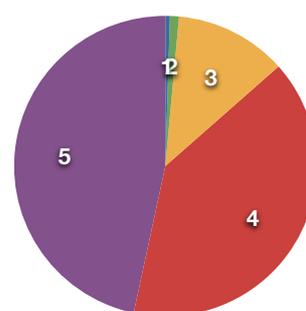
DEGRÉ DE PERTINENCE DU TBI DANS DIFFÉRENTS MOMENTS D'ENSEIGNEMENT
(PAR ORDRE CROISSANT)



COURS



INTRODUCTION



EXERCICES

Caractéristiques de la population étudiée

Caractéristiques des enseignants

Avec plus de 86% des répondants cumulant au moins 6 années d'exercice du métier, la population interrogée est majoritairement constituée d'enseignants expérimentés. La relative nouveauté de la technologie TBI dans l'institution scolaire explique que l'expérience acquise dans l'utilisation des TBI reste modeste, avec seulement 6% des enseignants bénéficiant d'au

moins quatre années de pratique de l'outil. Concernant la formation, deux-tiers des sondés déclarent en avoir bénéficié.

Plus de 80% des enseignants utilisateurs de l'outil déclarent être satisfaits des fonctionnalités offertes par le TBI, et 71% disent envisager difficilement (voire ne pas envisager) leur enseignement sans cet outil. Seul un quart des répondants disent utiliser le TBI épisodiquement, moins de deux fois par semaine, contre un tiers qui déclarent un usage systématique de l'outil. Le TBI est donc relativement bien installé dans les pratiques professionnelles d'une majorité de répondants.

Équipement des établissements

Concernant l'équipement des établissements, l'étude laisse entrevoir une certaine disparité. Si le nombre de TBI installés dans les établissements est de 4 en moyenne, 27% des collègues ne sont équipés que d'un seul tableau quand la moitié des lycées en disposent d'au moins quatre.

La salle de classe semble constituée le lieu privilégié d'installation des TBI, les trois quarts des établissements ayant fait le choix de ne pas équiper les salles informatiques d'un tel dispositif. Ces dernières semblent être néanmoins dotées dans un second temps, en particulier dans les établissements pourvus de façon conséquente (61% des établissements équipés de plus de 8 TBI disposent d'une salle informatique également dotée de cette technologie quand 87% des établissements disposant de 2 à 4 TBI ont fait le choix de ne pas s'équiper d'une telle salle.)

Conditions d'utilisation de l'outil

Les conditions d'exploitation des TBI au sein des établissements sont relativement inégales. Ainsi, concernant l'accessibilité de l'outil, environ 75% des enseignants interrogés disposent d'un TBI dans leur salle de classe au côté d'un tableau traditionnel, en revanche, 22% d'entre eux n'en possèdent pas. On note aussi huit enseignants qui déclarent ne posséder dans la classe que le TBI.

Cette facilité d'accès à l'outil va de pair avec sa fréquence d'usage. Ainsi, lorsque 72% des sondés ne disposant pas de TBI dans leurs salles de classe utilisent moins de 2 fois l'outil par semaine, 70% de ceux qui en disposent utilisent très fréquemment l'outil (40% disent l'utiliser systématiquement à chaque séance d'enseignement). Du côté de l'écosystème numérique de la classe, 30% des répondants associe l'usage de l'outil avec un périphérique (webcam, appareil photo, boîtiers électroniques, tablette graphique) et 4% avec au moins deux.

Notons enfin que, concernant le taux d'utilisation des TBI installés dans les salles informatiques des établissements disposant d'au moins deux TBI, ce dernier n'excède pas 50%.

Rapport de l'outil au savoir enseigné

Les rapports entretenus par les répondants entre les domaines d'étude mathématiques et l'outil laissent apparaître une dichotomie entre d'une part, le domaine géométrique, large-

ment plébiscité avec 77% d'avis très favorables, suivi par le domaine de la gestion de données (55%), et d'autre part, les domaines des grandeurs et des nombres avec respectivement 17% et 10% d'avis très favorables. Cette dichotomie semble correspondre à la fois aux possibilités illustratives offertes par les objets mathématiques constitutifs de ces domaines (diagrammes, figures géométriques...) et à des usages institutionnellement contraints (recours aux logiciels de géométrie dynamique). Dans une première approximation, ce constat laisse alors entrevoir que ce sont les potentialités illustratives de l'outil qui outilleraient plus volontiers les usages de l'outil TBI.

Concernant les moments d'enseignement, l'usage du TBI pour conduire des moments d'introduction de notions mathématiques est qualifié de pertinent¹⁹ pour 87% des sondés. Quant aux autres moments (conduite d'exercices, diffusion du cours) ils totalisent respectivement 68% et 56% d'avis favorables. Si les résultats sont ici moins tranchés que dans le cas des domaines de savoirs enseignés, il semble qu'une des potentialités de l'outil, repérée majoritairement par les enseignants, est celle de soutenir les discussions menées en classe lors des phases d'introduction de notions mathématiques.

Ressources utilisées dans le travail de préparation

La question ouverte concernant les ressources utilisées dans le travail de préparation des séances intégrant le TBI a été renseigné par 86% des sondés²⁰. L'analyse des réponses montre qu'une très large majorité d'enseignants²¹ disent créer leurs propres ressources²², seulement 3% de répondants affirmant ne pas faire de préparation particulière pour les séances intégrant l'outil. Environ 70% des enseignants affirment avoir recours aux manuels scolaires pour préparer leurs séances, ils sont 62% à déclarer internet comme ressource pour conduire ce travail de préparation. Très peu (1%) d'enseignants mentionne le partage de ressources TBI entre collègues et il n'est pas fait état de l'utilisation de la base de données institutionnelle Educ'Base. Ceci suggère que l'utilisation des TBI dans les établissements demeure un exercice encore très individuel.

Etude des fonctionnalités manquantes

Notons d'abord les deux faits suivants. D'une part, la réponse à cette question ouverte a été renseignée par 41% des sondés. D'autre part, le taux de réponses mais aussi le type de difficultés soulevé ne varient que faiblement en fonction du nombre d'années d'utilisation de l'outil, ce qui souligne une certaine résistance des problèmes rencontrés par les utilisateurs.

19. Le qualificatif "pertinent" englobe les modalités de réponse 4 et 5 sur une échelle de 1 à 5.

20. Ce taux est relativement élevé compte tenu du caractère ouvert de la question.

21. Il est à noter qu'au moment de la passation du questionnaire, les manuels numériques n'étaient pas réellement répandus

22. Notons que parmi les réponses les plus détaillées des sondés, il est possible de pointer certains des éléments constitutifs des documents construits par les enseignants dans le but d'être projeté et utilisé à l'écran. Sont cités notamment des pages de manuels scannés, des logiciels dédiés pour les mathématiques (LGD, tableur) ainsi que des fichiers textes à compléter.

Le traitement effectué sur cette variable du questionnaire est le suivant : à partir du repérage des fonctionnalités techniques manquantes, il s'agit d'identifier certains usages de l'outil portés par ces fonctionnalités. Il s'agit ainsi d'avoir un premier accès aux attentes et exigences des enseignants relatives à l'outil. L'étude des réponses des sondés²³ permet de distinguer quatre types d'usage de l'outil susceptibles de se révéler problématiques.

Dans le panel des réponses est fait mention de l'usage de la surface de projection du TBI comme espace d'écriture ainsi que comme espace de réalisation de construction géométrique instrumentées. Ces deux premiers types d'usage soulèvent certaines difficultés :

- La surface d'écriture est jugée relativement petite, la non prise en charge des symboles mathématiques dans l'outil de reconnaissance d'écriture est quant à elle déplorée. On note également le souhait de pouvoir faire interagir deux utilisateurs simultanément.
- Du côté des constructions géométriques, l'utilisation des outils de construction disponibles dans le logiciel est qualifiée de peu aisée, et il est noté l'absence d'équerre virtuelle. Le recours à un logiciel LGD pour effectuer des tâches de construction géométrique est jugé plus aisé.
- Un autre type d'usage repéré est le contrôle de logiciels tiers (tableur et logiciel de géométrie dynamique) via la surface tactile. Des problèmes de précision sont avancés, notamment pour "attraper" certains éléments géométriques dans les LGD (en particulier les points) ou encore le curseur de recopie dans les tableurs. La possibilité de renseigner le contenu des cellules des tableurs via l'outil de reconnaissance d'écriture est également jugée problématique. De manière générale, le contrôle de ces logiciels est jugé plus aisé à partir de la souris de l'ordinateur.
- On note enfin un quatrième usage de l'outil comme moyen d'annoter les fichiers vidéo-projetés d'applications tiers (feuille de calcul, traitement de texte, LGD). L'impossibilité d'intégrer les annotations dans les fichiers sources²⁴ est déplorée et rend difficile leur gestion.

Des stratégies de contournement sont évoquées pour palier certaines de ces difficultés. La partition du tableau en deux, avec l'affichage simultané du logiciel du tableau et d'un logiciel tiers (LGD, tableur) permet une gestion facilitée des annotations. Aussi, l'installation de logiciels complémentaires permettent l'accès à différents instruments de géométrie et notamment de l'équerre.

Dans le tableau suivant sont résumées les difficultés afférentes aux différents types d'usage repérés de l'outil TBI.

23. le traitement statistique effectué sur cette variable a été conduit avec l'aide de la fonction textuel du package FactoMineR, laquelle offre la possibilité de dénombrer le nombre d'occurrences des mots présents dans les réponses des sondés.

24. en particulier dans la suite bureautique open-office

Types d'usage du TBI	Difficultés associées repérées
Espace d'écriture	<ul style="list-style-type: none"> ● surface réduite ● non prise en charge des symboles mathématiques ● gestion multi-utilisateurs absente
Espace de constructions géométriques	<ul style="list-style-type: none"> ● manipulation des outils virtuels peu aisée ● absence d'équerre
Contrôle de logiciels tiers	<ul style="list-style-type: none"> ● manque de précision pour la manipulation de certains objets (points, curseur de recopie)
Annotation de fichiers de logiciels tiers	<ul style="list-style-type: none"> ● impossibilité d'intégration des annotations dans les fichiers sources ● gestion des annotations peu aisée

Reste qu'au delà de ces difficultés liées à l'usage de l'outil, le TBI est jugé globalement favorablement par les sondés. Si l'espace de liberté qu'il offre est susceptible d'être contraint, les contreparties qu'il propose conduisent une très large majorité d'enseignants à se déclarer satisfait des fonctionnalités offertes. Dans la suite, nous proposons ainsi d'investir plus finement l'usage du TBI dans la classe de mathématique.

5.3.5 Mise en oeuvre de l'analyse

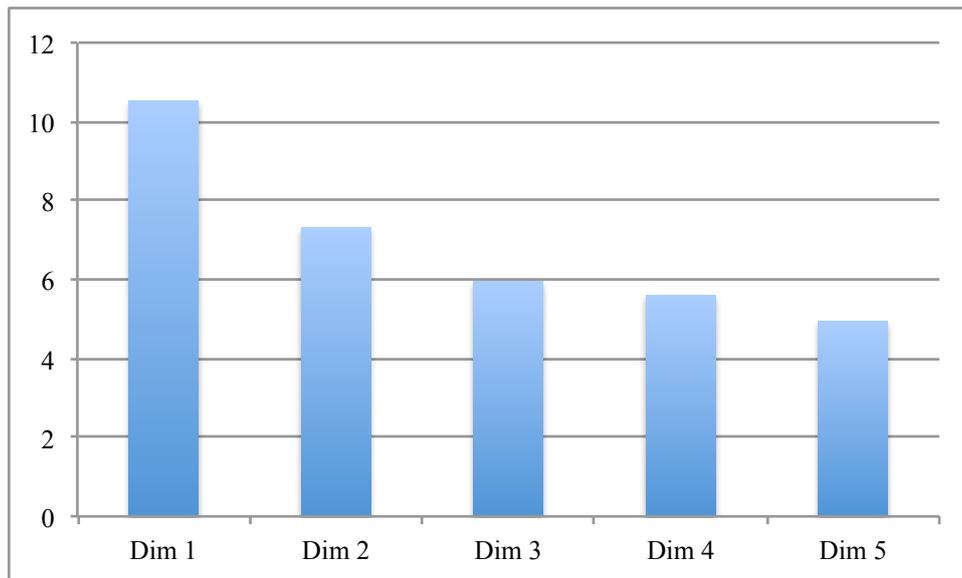
Choix des variables actives

Au vu des objectifs annoncés précédemment, il semble naturel de décrire, dans un premier temps, les individus en fonction de leurs réponses aux questions relatives à leur usage du TBI dans la classe de mathématique. Seules les variables concernant l'usage de l'outil seront considérées ici comme actives et participeront par définition à la construction des axes factoriels. Plus précisément, les variables retenues dans l'analyse concernent d'une part, la description et l'agencement de l'écosystème numérique utilisé (disponibilité de l'outil [DISP], usage de périphériques [PERI], modalités de travail en groupe, individuel [TRAVAIL]), d'autre part, l'exploitation de celui-ci à la fois du côté des usagers (fréquence d'usage [FREQ], manipulation par les élèves [MANIP]) et du côté des domaines (GM, GD, GEOMETRIE, NOMBRE) et des moments d'enseignement (INTRO, COURS, EXO). Ce choix doit ainsi permettre de porter un premier regard sur le *répertoire orchestratif* associé à l'usage de l'outil TBI, en recherchant des indices d'orchestrations liées à la spécificité de l'outil, et en particulier si certains domaines ou moments d'enseignement sont plus propices à certaines formes orchestratives.

Analyse

Le diagramme des valeurs propres associées aux cinq premières dimension de l'ACM construite à partir des variables précédentes conduit à interpréter les deux premiers axes factoriels.

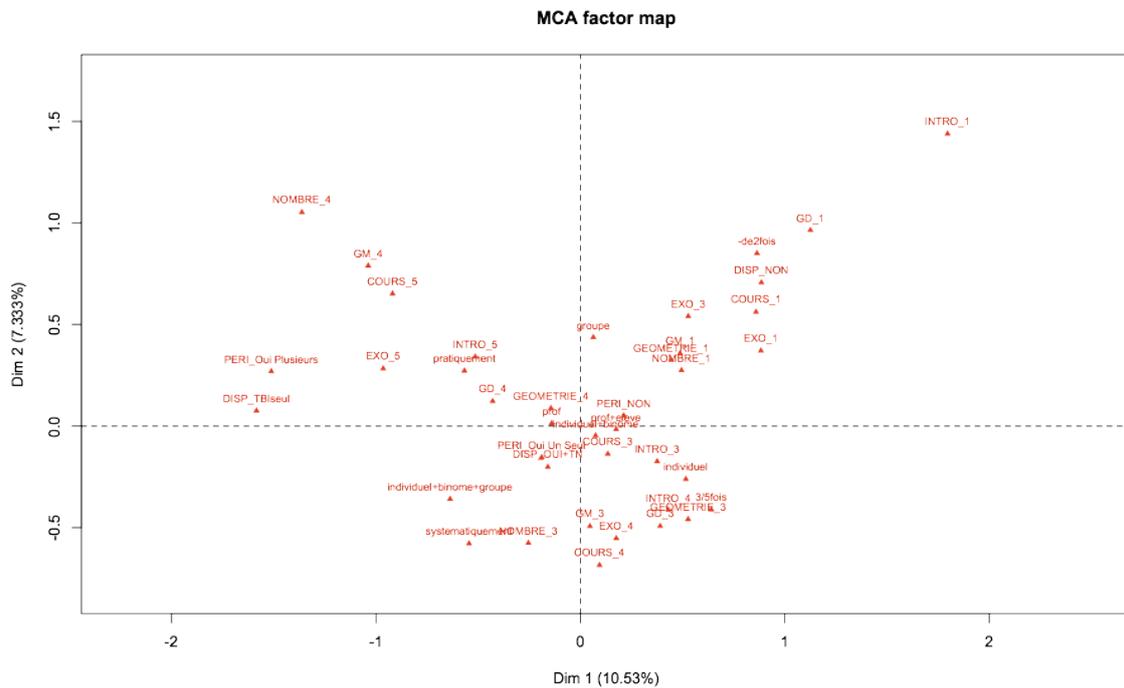
```
> round(res.MCA$eig[1 :5,],2)
```



DONNÉES Q2 - VALEURS PROPRES ASSOCIÉES AUX CINQ PREMIÈRES DIMENSIONS DE L'ACM

La ligne de commande suivante permet de visualiser le nuage des individus :

```
> plot.MCA(res.MCA,invisible=c("var","quali.sup"),cex=0.7)
```

De même que pour le nuage des individus, la forme du nuage des modalités sur le premier plan rappelle celle d'une parabole, ce qui correspond toujours à l'effet *Guttman*.

Du côté positif du premier axe factoriel sont représentés les enseignants (à travers les modalités qu'ils ont choisies) qui déclarent avoir un usage occasionnel de l'outil. Ils ne disposent pas de l'outil dans leurs classes, et son usage n'est pas associé avec celui d'autres périphériques. Le recours à l'outil est jugé peu pertinent pour conduire l'étude de certains domaines, et en premier lieu, le domaine des nombres et celui des grandeurs. Le cours comme épisode d'enseignement est également largement disqualifié.

De manière symétrique, le côté négatif du premier axe laisse apparaître un usage de l'outil beaucoup plus soutenu. Les utilisateurs disposent de l'outil dans leurs classes, l'usage de périphériques associés à l'outil vient renforcer l'écosystème numérique à disposition. Le domaine de compétences de l'outil est élargi à l'ensemble des épisodes de classes (cours, exercices, introduction) et des domaines de savoirs enseignés. Pour cette catégorie d'enseignants, le TBI semble s'être érigé en un véritable instrument de travail, avec la construction d'usages spécifiques.

Il est maintenant intéressant de voir si cette structure forte que l'on constate au niveau des individus concernant l'usage de l'outil peut être mise en relation avec ce qu'ils sont, autrement dit, s'il est possible d'expliquer le rapport à l'outil par la signalétique des enseignants. Pour cela, il est possible de visualiser le nuages des modalités illustratives sur le premier plan à partir de la ligne de commande suivante :

```
> plot.MCA(res, col.quali.sup= "green", invisible=c("ind", "var"), cex=0.7)
```


lement s'inscrire dans cette dynamique positive d'appropriation de l'outil. L'examen de la liaison des différentes modalités des variables DISP, UT et SANS avec les modalités des variables significativement liées du tableau de données permet de compléter cette analyse et d'affiner les premiers résultats entrevus. Cet examen conduit en particulier à préciser, d'une part, les liaisons entre la perception de l'outil et son usage à travers les modalités des couples de variables DISP et FREQ, UT et FREQ, UT et NBTBI, UT et SANS, ANC et SANS, et d'autre part, les liaisons entre l'outil et les domaines de savoirs (à travers les liaisons entre les modalités des variables NOMBRE, GM et UT). Une synthèse est proposée ci-après.

On retrouve dans l'exploitation de ces données supplémentaires le caractère marqué entre la disponibilité de l'outil dans la salle de classe et son utilisation qui devient alors plus systématique. Un temps d'adaptation semble nécessaire pour à la fois, déceler les potentialités de l'outil et l'intégrer pleinement dans les pratiques, le degré de satisfaction de l'outil étant significativement lié à l'ancienneté dans l'usage. A noter que les données du questionnaire ne permettent pas de mettre à jour de liaisons statistiquement significatives entre ce degré de satisfaction et l'ancienneté dans la profession.

Une fois ce temps d'adaptation réalisé, l'outil trouve sa place dans l'ensemble des domaines de savoirs enseignés, alors que son usage est peu sollicité pour l'enseignement relevant des domaines des nombres et des grandeurs chez les utilisateurs débutants.

Le taux d'équipement des établissements en TBI comme variable permettant d'impulser une dynamique d'utilisation des TBI est à modérer, l'examen des liaisons entre les variables UT, NBTBI et FONCT ne permettant pas de mettre à jour de lien significatif entre le nombre de TBI présents dans les établissements et le degré de satisfaction éprouvé par les utilisateurs de l'outil.

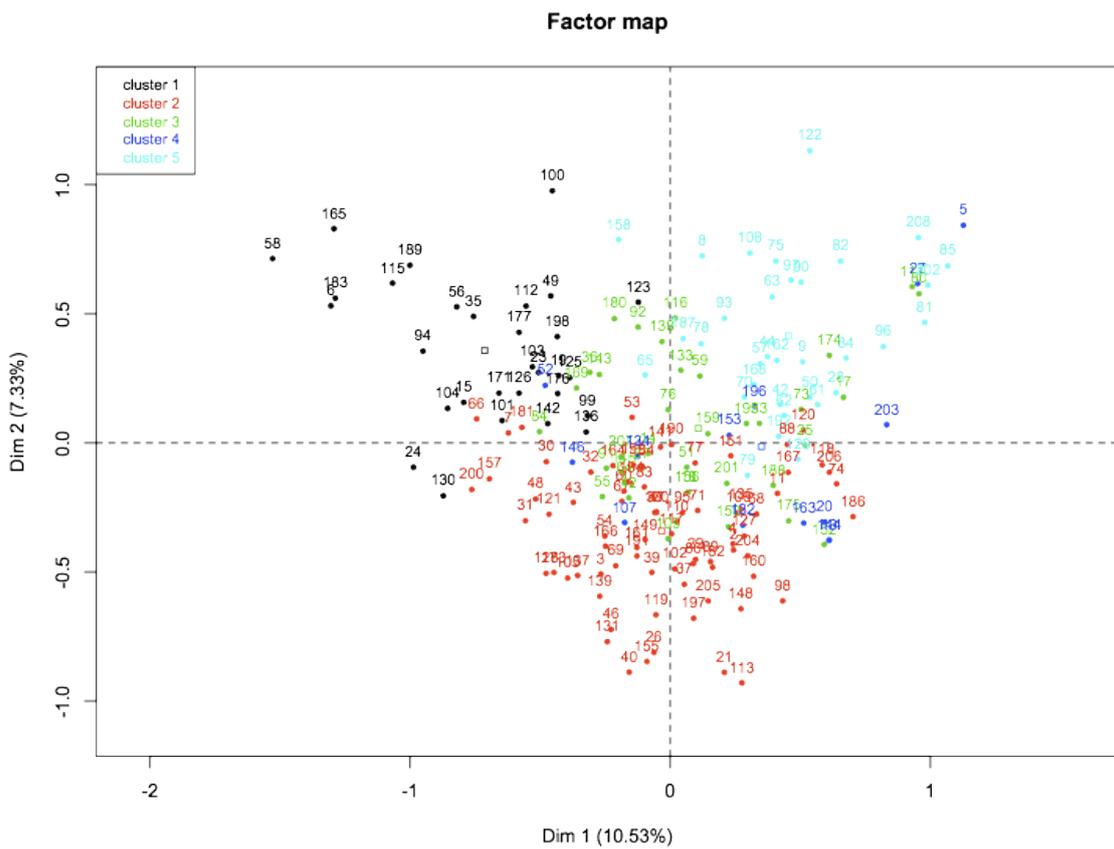
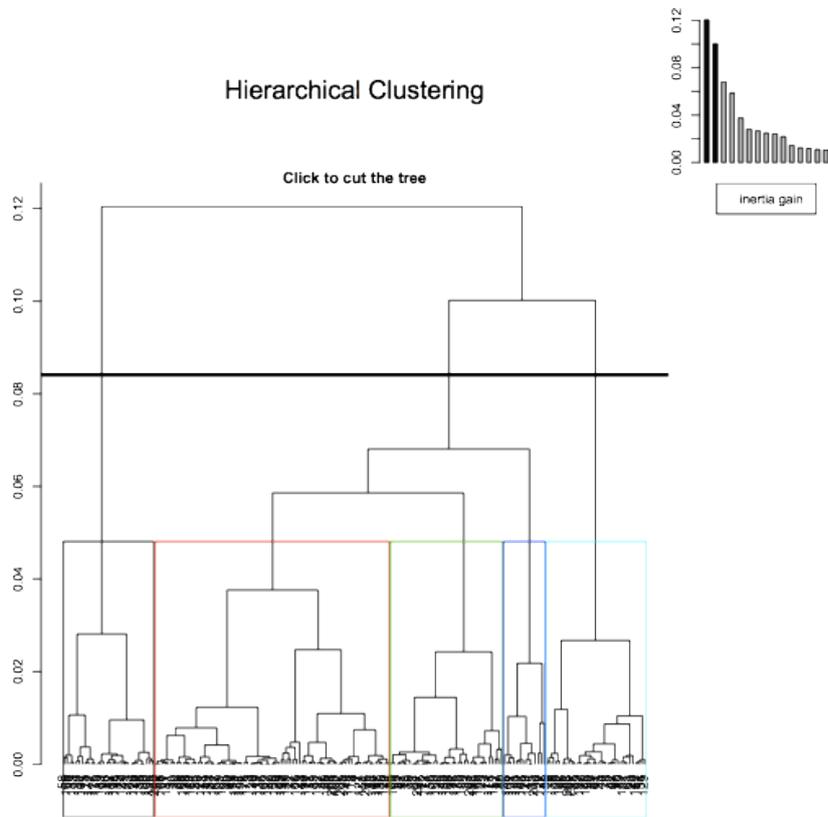
5.3.6 Profils des enseignants utilisateurs

Analyse hiérarchique

De la même manière que pour le traitement du précédent questionnaire, le plan d'étude conduit à proposer une classification des 208 utilisateurs en quelques classes correspondants à des profils d'usagers distincts. L'outil statistique utilisé reste la classification hiérarchique. Le choix des variables actives et supplémentaires est identique à celui de l'ACM précédemment conduite.

Les instructions ci-dessous permettent de mener l'analyse.

```
> res<-MCA(Q2, ncp=16, quali.sup=c(4,10), graph=FALSE)
> res.hcpc <- HCPC(res)
```



Comme dans le traitement du premier questionnaire, la description des classes par les variables et par les axes est utilisée pour décrire les caractéristiques des individus de chacune des classes. Les modalités sur-exprimées associées à une probabilité critique inférieure à 2% sont seules conservées dans la description. L'illustration de la partition obtenue est également enrichie par les parangons et les individus spécifiques de chacune des classes.

Classification

Notons d'abord que la disponibilité de l'outil et l'appétence de l'outil pour l'enseignement des différents domaines de savoirs constituent des marqueurs privilégiés de construction de la partition en cinq classes. La description des classes par les axes factoriels montre que les individus des deux premières classes s'opposent sur le deuxième axe factoriel. Les individus de la cinquième catégorie, quant à eux, ont de fortes coordonnées sur les axes 1 et 2.

Plus dans le détail, la première catégorie (une quarantaine d'individus) est caractérisée par des enseignants qui ont pleinement intégré l'outil dans leurs pratiques (90% d'entre eux jugent dorénavant difficile voire impossible leurs enseignement sans l'outil). Son usage, élargi à tous les moments d'enseignement, est au service de l'apprentissage de tous les domaines de savoirs. Utilisé fréquemment, et disponible dans la classe (seulement 6% des individus ne possèdent pas de TBI dans leur classe), cet outil, associé à d'autres périphériques, fait parti intégrante de l'écosystème numérique de la classe. L'étude plus fine des individus, et en particulier des individus "extrêmes", considérés à ce titre comme des "idéaux types" de cette classe, souligne que sans être assigné au seul professeur, l'usage de l'outil, dans ce profil, lui reste plutôt réservé.

Regroupant plus de 35% des sondés, la seconde catégorie est majoritaire. Pour les enseignants de cette classe, le domaine d'utilisation de l'outil est quelque peu réduit (par rapport à la classe précédente). Si l'usage de ce dernier est jugé pertinent pour l'enseignement de la géométrie ou du domaine de la gestion de données, les potentialités de l'outil pour soutenir l'enseignement des autres domaines de savoirs restent en partie à construire (plus de 90% des individus de cette classe expriment cette position). L'usage de l'outil est également quelque peu préféré pour conduire des moments d'introduction ou d'exercices au profit du cours. Le TBI reste cependant un outil relativement bien installé dans les pratiques de ces enseignants. Disponible dans la salle de classe (85%), associé éventuellement à un périphérique (40%), l'enseignement sans cet outil est majoritairement qualifié de difficilement envisageable.

Une troisième catégorie, représentant une quarantaine d'enseignants, constitue un autre profil de répondants. Si ces derniers disposent d'un TBI dans leurs classes (90%), l'usage de l'outil reste moins fréquent que celui des catégories précédentes. L'enseignement à l'aide du TBI des domaines des grandeurs et des nombres est largement disqualifié (respectivement 65% et 75%) au profit de celui de la géométrie (91%). Reste que dans ce spectre des usages quelque peu réduit, les fonctionnalités offertes par l'outil, dans une configuration d'utilisation partagée entre le professeur et les élèves (65%) sont jugées plutôt favorablement.

Avec une quinzaine d'enseignants, le quatrième profil est le moins répandu. Si ces enseignants disposent tous d'un TBI dans leur classe, les fonctionnalités offertes par le dispositif sont jugées plutôt défavorablement. La particularité de cette classe tient à ce que le domaine géométrique et celui de la gestion de données sont plutôt regardés comme peu enclin à être enseigné à l'aide du TBI. L'usage, peu fréquent de l'outil, est alors surtout mis au service des moments d'introduction (90%). Pour les enseignants, la place faite à l'outil dans la classe demeure instable et l'hypothèse d'un enseignement sans TBI n'est pas envisagée comme problématique.

Enfin, les enseignants issus du dernier profil - environ une trentaine - regroupent majoritairement ceux qui ne disposent pas de TBI dans leur classe (82%). L'usage de l'outil est rare (87% d'entre eux déclarent une fréquence d'usage de moins de deux fois par semaine), avec des enseignants qui pour 60% d'entre eux cumulent moins d'une année d'utilisation du dispositif, dans des établissements faiblement dotés (40% des établissements ne disposant que d'un seul TBI).

5.4 Synthèse de l'étude des questionnaires

5.4.1 Synthèse de l'étude du premier questionnaire

Dans cette synthèse, nous revenons dans un premier temps sur les profils d'enseignants que la première enquête a permis d'identifier. Nous reprenons ensuite les résultats plus généraux obtenus concernant cette population d'enseignants non utilisateurs de l'outil. Ces résultats viennent enrichir et moduler les résultats d'ores et déjà capitalisés à partir de l'examen de la littérature essentiellement anglo-saxonne. Dans un troisième et dernier temps, nous proposons plus globalement une évaluation de l'environnement technologique TBI à la lumière de cette enquête, en s'appuyant sur les travaux de Tricot et al. (2003)

Profils d'enseignants non utilisateurs de l'outil.

Rappelons qu'avec un plan d'échantillonnage de l'étude rendant difficile le contrôle de la représentativité de l'échantillon étudié, il ne s'agit pas ici de retenir la quantification des profils obtenus. En revanche, ces mêmes profils sont regardés ici comme des tendances s'exprimant dans la population enseignante non utilisatrice de l'outil. Rappelons également que l'intérêt de caractériser les profils d'enseignants réside dans la poursuite de l'étude, organisant le suivi d'enseignants spécifiques, lesquels gagneront à être situés dans l'une ou l'autre des catégories exhibées.

L'examen des réponses fournies par les 305 individus interrogés laisse entrevoir une population très majoritairement non opposée à l'arrivée des TBI, mais qui conditionne celle-ci à un accès facilité et pérenne de l'outil ainsi qu'à des actes de formation pour accompagner

l'usage de l'outil. Les différents profils mis à jour dans cette enquête contrastent ainsi avec une situation dichotomique entre traditionnels opposants et défenseurs de l'outil. Si des représentants de ces deux catégories sont présents dans l'étude, cette dernière laisse place également à des enseignants plus nuancés dans leurs propos, en attente de propositions d'usage plus pertinentes au regard de leurs pratiques, et attachés à la coexistence de cet outil et du traditionnel tableau noir.

Ce sont ainsi cinq profils d'enseignants qui sont susceptibles d'être construits à partir de l'examen des quatre classes d'enseignants exhibées par l'analyse factorielle²⁵.

Du côté des non réfractaires à l'outil, les plus enthousiastes d'entre eux constituent un premier profil d'enseignants. Ils voient dans cet outil une possibilité de changement de leurs pratiques. Leur particularité réside dans le fait qu'ils n'ont pas suivi de formation à l'outil et qu'ils n'utilisent par ailleurs que rarement les TUIC. A ce titre, l'enthousiasme affiché par les enseignants de ce profil semble profiter d'une faible anticipation des besoins instrumentaux liés à l'usage des technologie dans l'enseignement.

Le second profil exhibé est constitué d'enseignants également prêts à abandonner le tableau noir au profit de ce nouvel outil. Comme les enseignants du premier profil, ils n'ont pas nécessairement suivi de formation à l'outil. Ils considèrent cependant le TBI comme pouvant s'intégrer facilement dans leurs pratiques et sans nécessairement devoir les modifier. A ce titre, les avantages entrevus de l'outil ne sont pas exactement identifiés dans leurs discours. Si le troisième profil d'enseignants est également favorable à l'outil et globalement convaincu des potentialités de l'outil, les enseignants de ce profil, en revanche, considèrent le TBI comme un outil complémentaire dans la classe, pouvant venir enrichir utilement les usages du tableau noir, auquel ils restent cependant attachés.

Du côté des réfractaires à l'outil, un quatrième profil laisse apparaître des enseignants clairement hostiles à l'arrivée de l'outil. Cette hostilité ne se limite cependant pas au TBI, mais concerne plus globalement les technologies dans l'enseignement. L'arrivée du TBI semble ici venir cristalliser cette défiance. Cet outil est considéré dans les propos tenus comme le symbole d'une course technologique irraisonnée prenant le pas sur d'autres priorités.

Un cinquième profil apparaît dans l'étude, constitué d'enseignants plus modérés dans leur propos. Sans refuser l'arrivée du TBI, les enseignants de ce profil questionnent l'utilité de ce dispositif au regard de dispositifs existants (vidéoprojecteurs, etc...). Il est intéressant de constater que ce sont des enseignants majoritairement utilisateurs des technologies qui constituent ce cinquième profil et qui ont suivi pour la plupart une formation à l'outil. A ce titre, ils sont en attente de garanties sur les plus-values de cet outil dans leurs pratiques, plus-values que la formation suivie n'a pas permis de clairement exhiber.

25. La reconstruction des quatre classes de l'analyse en cinq profils d'enseignants s'explique par l'examen conduit de la première classe d'individus, réfractaires à l'outil, qui laisse apparaître une certaine diversité dans les raisons de ce rejet partiel de l'outil.

Autres éléments caractéristiques de la population des non-utilisateurs du TBI

Le premier constat qui peut être fait ici tient en le rapport entre les usagers réguliers des TUIC et le TBI. Il apparaît que l'appétence des enseignants pour les TUIC ne fait pas nécessairement écho à celle pour le TBI. Ce constat semble constituer une première spécificité du contexte français. L'expertise acquise dans l'usage des autres technologies d'ores et déjà disponibles semble ainsi davantage servir la mise en doute d'éventuelles nouvelles fonctionnalités offertes par le TBI.

Plus généralement, il semble intéressant de rapprocher le fait que la majorité des répondants ne voit pas l'arrivée des TBI comme une menace à la pérennité des tableaux noirs au fait d'un questionnement concernant les éventuelles plus-values du TBI sur un dispositif de vidéo-projection. Cette mise en parallèle pose la question de la place accordée par les enseignants à cet outil dans la classe de mathématiques. En le positionnant comme non concurrent direct du tableau noir mais plutôt comme nouvel objet venant compléter une gamme d'autres outils technologiques, et en premier lieu le vidéo-projecteur, ce sont les attentes des enseignants dans les fonctionnalités offertes par l'outil qui se voient nécessairement orientées. Cette dimension semble pour le moins importante à prendre en compte dans tout projet d'accompagnement de déploiement de cette technologie car susceptible d'engendrer un décalage entre attentes institutionnelles et attentes du corps enseignant.

Le second constat concerne plus directement l'accompagnement des enseignants dans un processus d'intégration de l'outil. Un tiers des répondants déclare avoir suivi une formation, ce qui témoigne, au delà des efforts de légitimation de l'outil dans l'institution scolaire, d'une prise en compte institutionnelle des besoins de formation à destination de futurs utilisateurs de l'outil. Reste que, les effets de telles formations semblent être limités et ne pas nécessairement convaincre de l'utilité des TBI. Les formations suivies ne semblent ainsi pas régler les tensions entre potentialités illustratives et interactives de l'outil. Les principales critiques formulées invoquent la faible prise en compte des besoins spécifiques de la discipline ainsi que la difficulté de percevoir une plus-value réelle de l'usage des TBI par rapport à celui d'un dispositif de vidéo-projection. Ces critiques sont d'autant plus virulentes qu'elles émanent d'enseignants disposant déjà d'une expertise dans l'usage des autres technologies ("*une formation digne de ce nom*" - "*je n'ai pas trouvé d'intérêt lors de la formation à son utilisation en mathématiques*"). Si le questionnaire proposé ne permet pas d'étudier finement les critiques formulées, deux tentatives d'explication de cet état de fait peuvent être avancées. La première tient en une formation accès principalement sur les fonctionnalités techniques des TBI. Cette formation ne semble questionner que faiblement la place de l'outil au sein de la classe et l'éventuelle complémentarité du TBI avec d'autres outils TUIC installés institutionnellement dans la discipline. Elle alimente ainsi l'opposition entre matériel de vidéoprojection et TBI. La seconde explication tient au fait que, en l'absence de proposition d'usage de l'outil, la formation semble laisser le soin aux seuls enseignants de construire et

de développer des usages de l'outil spécifiques à la discipline.

Evaluation de l'environnement technologique

Pour conclure cette section, nous reprenons ici les travaux de Tricot et al (2003) concernant l'évaluation d'un environnement technologique, ceci à la lumière de l'étude de ce questionnaire. Avant d'exploiter un nouvel outil TUIC dans son activité professionnelle, un enseignant doit accepter son utilisation et son intégration dans sa pratique de classe. L'évaluation de cet outil s'opère de façon étroite avec son projet professionnel et la vision qu'il a des finalités de son enseignement. Cette évaluation de l'outil par un sujet est nourrie à la fois, au niveau de la pratique, de connaissances issues de la manipulation de l'outil, mais également, au niveau mental, de connaissances se rapportant à la conceptualisation de la technologie elle-même, et à son rôle dans la réalisation de son projet professionnel. Dans ce premier questionnaire, c'est avant tout ce dernier niveau de connaissances qui est convoqué dans l'évaluation de l'outil TBI.

Tricot et al (2003) évoque la prise en compte de différentes dimensions dans l'évaluation d'une technologie : l'*utilisabilité* qui désigne la possibilité d'utiliser les moyens existants dans l'environnement technologique et qui se joue essentiellement au niveau de son interface, l'*utilité*, qui renvoie à l'adéquation entre le projet défini par l'enseignant et sa réalisation par la mobilisation de l'outil, et l'*acceptabilité* qui est la valeur de la représentation (opinions, attitudes) de l'outil technologique du point de vue de son utilité et de son utilisabilité. Si chacune de ces dimensions ne peut être perçues comme indépendante des deux autres, Tricot et al précisent néanmoins qu'il est possible de réaliser sur chacune d'elles des mesures indépendantes.

Nous retenons, quant à nous, la possibilité d'interpréter les résultats de ce questionnaire en terme d'*utilité* et d'*acceptabilité* et plus précisément d'examiner les critères que semblent attacher les enseignants non utilisateurs à chacune des valeurs d'utilité et d'acceptabilité dans le cas particulier où l'environnement technologique est le tableau blanc interactif. Nous laissons ici volontairement la dimension d'utilisabilité de côté. Cette dernière interroge spécifiquement la connaissance de l'interface de l'outil. Elle est à ce titre difficile d'accès chez la population étudiée, non utilisatrice de l'outil.

Le degré de ressemblance entre des environnements technologiques est un critère souvent avancé dans la littérature comme pouvant favoriser l'acceptabilité d'un nouvel environnement²⁶. La présence d'un nombre important de caractéristiques communes entre l'environnement TBI et, d'une part, un dispositif de vidéoprojection et d'autre part, un tableau noir, assure une certain degré de ressemblance entre ces environnements. Pour autant, ce critère ne semble pas être garant de l'acceptabilité du TBI par les enseignants interrogés. On note même un mouvement inverse en particulier plus marqué chez les enseignants utilisateurs

26. Par exemple, un logiciel peut être rejeté par un enseignant si son interface ne correspond pas à quelque chose de connu par lui

des TUIC. Les réserves émises sont étroitement liées à la seconde dimension d'utilité de l'outil, au regard des autres dispositifs (tableau, vidéoprojection) disponibles dans la classe. Ceci est notamment visible dans les critiques formulées à l'encontre des formations jugées trop éloignées de l'attente des enseignants. Ce qu'apprend l'étude de ce questionnaire est, qu'*in fine*, au delà des trois dimensions d'utilité, d'utilisabilité et d'acceptabilité, l'étude du processus d'intégration de l'outil TBI ne peut ignorer les caractéristiques propres aux individus, avec leurs facettes professionnelles et culturelles.

5.4.2 Synthèse de l'étude du second questionnaire

De la même façon que pour l'étude du premier questionnaire, nous revenons successivement sur les profils d'utilisateurs de l'outil identifiés dans l'enquête, les résultats plus généraux caractérisant la population étudiée et l'évaluation de l'environnement TBI à partir des critères proposés par Tricot.

Profils des utilisateurs de l'outil.

Rappelons que comme dans l'étude précédente, nous ne retenons pas la quantification des profils mais plutôt les tendances d'usages exprimées dans la population étudiée, l'enjeu résidant encore ici dans l'organisation du suivi d'enseignants à venir et la possibilité de situer ces enseignants mêmes enseignants dans l'un ou l'autre des profils construits.

L'examen des réponses fournies par les 208 individus interrogés laisse entrevoir une certaine forme de variété dans le paysage d'intégration de l'outil dans les classes de mathématiques. Deux profils dans une certaine mesure extrêmes s'affichent : d'un côté, un premier profil constitué d'enseignants ne disposant pas de TBI à demeure dans leur classe et majoritairement débutants dans les usages de l'outil. Ces usages sont rares et le TBI n'apparaît pas pour l'heure un élément indispensable dans les pratiques de ces enseignants. De l'autre côté, un second profil regroupant des enseignants qui disposent très majoritairement d'un TBI dans leur classe. L'usage de l'outil est quasi-quotidien, plutôt réservé à l'enseignant sans en être exclusif, et concerne l'ensemble des moments d'enseignement et des domaines de savoirs. L'outil est ici pleinement intégré dans les pratiques jusqu'à qualifier son absence de problématique. Entre ces deux profils extrêmes, une certaine variété s'installe dans les usages et concerne majoritairement des enseignants disposant de l'outil dans leur salle de classe. Trois autres profils sont ainsi dégagés

Dans un troisième profil, sont regroupés des enseignants pour lesquels, si le TBI apparaît bien installé dans les pratiques, il trouve plus facilement sa place pour soutenir des moments particuliers de l'étude (introduction, exercices). De même, le domaine géométrique trouve une place de choix dans les usages de l'outil. Pour autant, les autres moments et domaines de l'étude ne sont pas disqualifiés et ces enseignants projettent de construire des pratiques de l'outil relevant de ces autres domaines et moments.

Un quatrième profil d'usagers laisse apparaître des enseignants dont les éléments distinctifs sont d'une part, une utilisation moins fréquente de l'outil et d'autre part - et même si comme dans le précédent profil, le domaine géométrique trouve une place de choix - les autres domaines d'étude sont ici disqualifiés. C'est la pertinence de l'usage de l'outil dans les domaines de savoir relatifs aux grandeurs et aux nombres qui est questionné et des enseignants de ce profil qui ne semblent pas vouloir s'engager dans la construction d'usages de l'outil laissant une place à ces domaines.

Le cinquième et dernier profil mis à jour laisse apparaître une dernière catégorie d'enseignants qui se distingue des précédents profils à plus d'un titre. Même si ces enseignants disposent d'un TBI dans leurs classes, les fonctionnalités qu'offre l'outil sont jugées peu satisfaisantes, et c'est une place instable qui est accordée à l'outil. Cette place instable est d'autant plus réduite qu'elle disqualifie le domaine géométrique et celui des gestions de données, domaines par ailleurs plébiscités par les enseignants des autres profils. Cette place allouée à l'outil se cantonne également aux seuls moments d'introduction.

Autres éléments caractéristiques de la population des utilisateurs du TBI

Le premier constat qui peut être fait ici, en conformité avec l'examen de la littérature, est l'accessibilité de l'outil comme condition d'intégration dans les pratiques. Cependant, si cette condition ouvre la voie à une plus grande fréquence d'usage de l'outil, elle ne garantit que partiellement la pleine intégration du TBI dans les pratiques. Certaines trajectoires d'utilisateurs laissent apparaître un processus d'intégration inachevé, dans la mesure où certains domaines de savoir et certains moments d'enseignement restent encore mal outillés par le TBI. A ce titre, ce sont les domaines de savoir classiquement outillés par les TUIC (géométrie, gestion de données) qui apparaissent accompagner les premiers usages de l'outil. Le second constat tient en l'appréciation de l'outil par les enseignants utilisateurs. Si des difficultés liées à l'usage de l'outil sont pointées, le TBI reste majoritairement jugé favorablement par les sondés, la majorité d'entre eux se déclarant satisfaits des fonctionnalités offertes par le dispositif. Il est intéressant de noter que cette satisfaction augmente avec l'ancienneté dans l'usage de l'outil (et ceci non pas plus avec la fréquence d'utilisation). Ce constat pointe clairement l'existence de besoins instrumentaux dans la construction des usages de l'outil et du coup la nécessité d'examiner comment les enseignants y font face. Ce constat met à jour également une formation suivie majoritairement par ces enseignants utilisateurs qui ne répond pas favorablement à ces besoins instrumentaux. A ce titre, les formations aux usages de l'outil en France se distinguent clairement de celles dispensées dans la situation anglaise. Les ressources mises à disposition par l'institution pour accompagner les usages de l'outil ne sont d'ailleurs que très faiblement utilisées.

Evaluation de l'environnement technologique

Le bilan de ce second questionnaire peut être conduit à travers les trois critères d'évaluation d'un dispositif technologique fournis par Tricot : *l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité*. Du côté de *l'utilisabilité* du dispositif, si certaines fonctionnalités offertes peuvent s'avérer problématiques (voire s'ériger en obstacles à la construction de certains usages), elle reste cependant jugée globalement favorablement.

Quant au critère d'*utilité*, il apparaît relativement variable. Certains domaines de savoir, et en particulier ceux qui sont institutionnellement outillés par les TUIC, trouvent plus volontiers un écho favorable dans l'usage du TBI. Cette tendance est notamment visible chez les utilisateurs débutants. D'autres domaines de savoir restent, quant à eux, des candidats faiblement retenus pour une utilisation avec l'outil. Cette position est d'autant plus robuste qu'elle résiste à l'épreuve du temps d'utilisation du dispositif.

Il nous faut alors faire ici le constat suivant : dans son habitat²⁷ privilégié qu'est la salle de classe, et dans une niche écologique qui ne recouvre parfois que partiellement l'ensemble des pratiques de l'enseignant, l'outil TBI reste jugé majoritairement favorable, jouissant ainsi d'une *acceptabilité* forte. Et cet état de fait ne semble pas souffrir de l'investissement personnel important consenti à la fois dans la maîtrise de l'outil ainsi que dans le travail de préparation, ce dernier restant encore largement personnel et très peu documenté par les bases de données institutionnelles. De cette apparente distance entre une *acceptabilité* forte et à la fois une *utilité* et une *utilisabilité* qui apparaissent moindres, une tentative d'explication, à la lumière de l'étude de ce second questionnaire, peut être ici ébauchée avec toute la prudence qui s'impose. Outil dont la présence est institutionnellement non contrainte, le TBI a trouvé une fonction dans la classe, qui même modeste, reste suffisamment robuste, à l'épreuve de l'investissement personnel consenti par les utilisateurs. Sans remplacer les supports traditionnels d'apprentissage, les avantages qu'il offre dans la scénarisation de l'enseignement s'inscrivent dans la complémentarité des autres supports et dans la continuité du projet de l'enseignant. Reste que si la prudence s'impose, elle doit également s'exercer sur une éventuelle généralisation de ces résultats qui apparaîtrait alors hasardeuse, dans la mesure où un déploiement généralisé de l'outil entraînerait un changement d'échelle important et une rencontre de l'outil avec des utilisateurs qui ne feraient pas parti de cette première vague d'usagers, nécessairement quelque peu volontaristes.

5.4.3 Regards croisés des deux populations et poursuite de l'étude

Le panorama que nous venons de faire de ces deux populations est l'opportunité ici de penser la rencontre entre les deux et d'examiner comment un premier regard porté sur l'outil est susceptible d'être modifié par une pratique régulière de celui-ci.

27. au sens écologique du terme

Ainsi, d'un côté, c'est une population de non utilisateurs de l'outil, qui, exception faite des enseignants qui alimentent depuis longtemps leur opposition à l'usage de la technologie dans l'enseignement, n'est globalement pas opposée à l'arrivée des TBI. C'est une arrivée sous condition qui est cependant souhaitée. Des exigences inégales sont formulées : pour les non utilisateurs des technologies, qui ne semblent que faiblement anticiper les besoins instrumentaux associés à l'usage de l'outil, *a minima* une mise à disposition facilitée de l'outil est demandée. Les utilisateurs des technologies par ailleurs, demandent, quant à eux, d'être convaincus des plus-values de cet outil dans leurs pratiques. Ces enseignants se sont d'ores et déjà organisés une pratique bien construite, outillée par le vidéoprojecteur et dans laquelle l'intrusion du TBI n'est pas jugée simple. Reste quand tout état de cause, ce besoin de formation demandé pour accompagner le déploiement des TBI est fort. La réponse proposée par l'institution ne semble que partiellement satisfaire ces besoins. Les formations dispensées semblent anticiper avant tout des besoins techniques en ne laissant que peu de place au contenu mathématique. Ce sont des formations qui semblent répondre à des besoins instrumentaux qui ne sont pas nécessairement ceux convoqués par les utilisateurs, montrant ainsi une certaine complexité non entrevue *a priori*. Dès lors ce sont des formés qui demeurent quelque peu mal outillés à l'issue des formations pour une exploitation du dispositif en classe.

La conséquence de cet état de fait est qu'une part substantielle de la construction des usages de l'outil est laissée à la seule responsabilité des enseignants. Cette construction est un processus qui apparaît long, très faiblement soutenue par les ressources institutionnelles mises à disposition, et qui laisse apparaître une grande diversité : aux côtés de processus qui semblent avoir été conduits jusqu'à la pleine intégration de l'outil dans les pratiques, ce sont également des processus non aboutis qui apparaissent, privilégiant certains domaines de savoir au profit d'autres qui semblent écartés des usages. Ce sont aussi des processus avortés et ceci malgré la présence du TBI dans la classe.

De cette étude, il ressort ainsi l'existence de différentes dynamiques dans la construction des usages de l'outil qui laisse vivre une certaine diversité. Cette diversité s'exprime à la fois dans la fréquence d'usage de l'outil, dans les moments de l'étude et les domaines de savoir privilégiés dans les usages de l'outil. Cette diversité s'exprime également en terme de besoins instrumentaux inégaux dans la construction de ces usages.

Dès lors de nouvelles questions se posent : quelles sont précisément ces dynamiques qui régissent la construction des usages ? quelles sont les contraintes qui pèsent sur ces dynamiques et qui seraient susceptibles d'expliquer cette diversité ? dans quelle mesure la tension qui semble réellement exister entre les potentialités illustratives de l'outil, qui apparaissent redondantes par rapport à des pratiques d'ores et déjà outillées avec des systèmes de vidéo-projection, et les potentialités interactives de l'outil plus spécifiques, est négociée par les utilisateurs ? les réserves exprimées par les premières recherches conduites en didactique des mathématiques sur le renforcement des tendances ostensives sont-elles confirmées ?

La littérature anglo-saxonne souligne l'accompagnement professionnel proposé par l'insti-

tution anglaise dans la construction des usages de l'outil et des stades de développement à prendre en compte dans cet accompagnement. En l'absence d'un tel accompagnement, il s'agit de savoir quelles trajectoires empruntent les enseignants français dans la construction des usages de l'outil.

C'est ce que nous poursuivons dans la seconde partie de ce travail de thèse en organisant le suivi de six enseignants. Nous présentons, en guise d'ouverture de cette seconde partie des travaux, la méthodologie générale d'organisation du suivi. Les deux chapitres suivants sont consacrés à la mise en oeuvre de cette méthodologie et présentent les résultats obtenus.

Chapitre 6

Regards sur les entretiens

Sommaire

6.1	Les enjeux spécifiques des entretiens	214
6.2	Conception et méthodologie	215
6.2.1	Choix des profils	215
6.2.2	Les entretiens	216
6.2.3	Lecture des entretiens	218
6.3	Résultats	226
6.3.1	La dimension instrumentale	227
6.3.2	La dimension orchestrative	232
6.3.3	Profils d'usagers et spécificités des usages	250
6.4	Bilan de l'étude et perspectives.	258
6.4.1	Bilan	258
6.4.2	Perspectives	265

Le précédent chapitre a permis de mettre à jour différents profils d'utilisateurs et avec eux, l'existence de dynamiques dans la construction des usages. Dans la suite de l'étude, nous cherchons à examiner plus finement ces dynamiques qui apparaissent régir la construction des usages. Nous mettons en place cet examen en engageant l'étude dans son versant plus qualitatif avec l'organisation du suivi de six enseignants, choisis dans deux profils d'utilisateurs a priori contrastés du point de vue des usages et susceptibles de laisser vivre une certaine diversité.

Le présent chapitre est consacré à la mise en place et l'étude d'entretiens des six enseignants suivis. Nous caractérisons dans ces entretiens les usages de l'outil et leurs évolutions du point de vue de deux dimensions instrumentale et orchestrative liées spécifiquement à l'outil et à ses potentialités de gestion et d'orchestration du travail mathématique de la classe. Le chapitre suivant, quant à lui, poursuit l'organisation du suivi en investissant plus directement le terrain de la classe à travers l'examen de l'activité de conception des enseignants au sein de l'environnement TBI dans la préparation du jeu de la classe et le déroulement de ce jeu in situ.

6.1 Les enjeux spécifiques des entretiens

Nous précisons dans cette section la fonction des entretiens et la façon dont ils ont été conduits, avant d'en présenter les résultats et les questions qu'ils soulèvent.

Ces entretiens répondent à un double besoin : ils doivent d'une part permettre de poursuivre l'investigation des catégories d'utilisateurs ; ils doivent d'autre part préparer l'étude *in situ*. À travers l'étude de cas d'enseignants ciblés, l'analyse qualitative proposée complète l'analyse quantitative précédente en examinant ce que révèlent les points d'accord mis à jour dans les différentes catégories d'utilisateurs. Mieux outillée pour appréhender le point de vue d'enseignants spécifiques, elle précise et approfondit la nature de ces points d'accord et leur cohérence¹.

Nous interrogeons spécifiquement deux dimensions des usages de l'outil : la dimension *instrumentale* et la dimension *orchestrative*. Ce choix est motivé par les études précédentes de la littérature et de l'objet technologique TBI. Ces dernières ont mis l'accent sur un outil pédagogique principalement médié par l'enseignant et présentant des spécificités distinctives à plusieurs égards des autres outils TUIC d'apprentissage². En particulier, des problèmes

1. Il ne s'agit donc pas ici de tester la robustesse des catégories précédemment construites, cette garantie ayant été prise en amont, dans les choix méthodologiques d'analyse des données quantitatives.

2. Il ne s'agit pas ici de minimiser le rôle de l'enseignant dans l'usage d'autres dispositifs TUIC, mais de souligner que son rôle est encore plus mis en avant dans un dispositif d'enseignement avec TBI. Pour clairement contraster nos propos, citons l'exemple d'une configuration de travail dans laquelle un élève est engagé, en salle informatique, dans l'usage d'une ressource en ligne. Ici, la technologie est mise au premier plan, et l'élève est clairement dépendant de la manière dont la technologie implémente les objectifs d'apprentissage (même si par ailleurs, les interventions de l'enseignant dans une telle configuration sont aussi susceptibles de modifier ces objectifs)

instrumentaux spécifiques et des potentialités dans la gestion et l'orchestration des différents moments d'enseignement se sont révélés.

Les enjeux sont multiples. Nous cherchons à caractériser les usages de l'outil et leur évolution du point de vue des deux dimensions instrumentale et orchestrative :

- en repérant les régularités et les points d'équilibre,
- en examinant les spécificités et en interrogeant leur liens avec le rapport personnel des enseignants à l'enseignement des mathématiques et à la technologie,
- en appréciant l'éventuelle proximité des usages construits avec les positions et les attentes institutionnelles.

Des enjeux méthodologiques sont également présents, à travers la construction d'une grille de lecture et d'un choix de descripteurs permettant d'accéder à l'une et l'autre des deux dimensions - instrumentale et orchestrative - des usages de l'outil et de leur genèse.

6.2 Conception et méthodologie

Nous présentons dans cette section les choix opérés sur les enseignants éligibles au suivi, les entretiens conduits et la grille de lecture élaborée pour leur étude. La section suivante présentera les résultats de cette étude.

6.2.1 Choix des profils

A l'issue de l'étude quantitative, cinq profils d'utilisateurs ont été exhibés. Trois d'entre eux correspondent à des enseignants disposant tous de l'outil à domicile dans leur classe. Mais pour les uns (profil n° 5), l'usage de l'outil n'apporte que peu de satisfaction, et trouve une place très réduite et instable dans les pratiques. Pour les autres, c'est un outil mieux installé et plus fréquemment utilisé qui apparaît : le profil n° 3 regroupe des enseignants ayant une pratique de l'outil qui pour l'heure, privilégie plus volontiers des moments de l'étude et des domaines de savoirs particuliers mais c'est une pratique qui semble vouloir être étendue plus largement que ces enseignants projettent, le profil n° 4 quant à lui, fait état d'enseignants qui ont définitivement disqualifiés l'enseignement de certains domaines et moments de l'étude avec l'outil.

Aux côtés de ces trois premiers profils, deux autres profils d'utilisateurs apparaissent et sont dans une certaine mesure extrêmes : un profil (profil n° 1) correspond à des enseignants ne disposant pas de l'outil à domicile dans la classe, et dont l'usage du TBI est épisodique, un second (profil n° 2) qui renvoie à des enseignants ayant pleinement intégré l'outil dans leurs pratiques et jugeant un enseignement sans lui dorénavant problématique.

Ce sont ces deux profils, *a priori* contrastés du point de vue des usages, que nous retenons pour le suivi. Ils apparaissent également plus *informatifs* car constitués d'acteurs *a priori* :

- capables d'élaborer un discours réflexif sur leurs pratiques,

— capables d'éclairer leurs discours par une expertise plus ancienne de l'usage des TUIC, Pour chacun d'eux, nous organisons le suivi de trois enseignants. Ce second choix s'explique par le fait que nous cherchons à comprendre ce que recouvre réellement une catégorie donnée et quels sont précisément ses contours. Nous cherchons à examiner ainsi la diversité au sein d'une même catégorie et ce qui fait sa cohérence.

Concernant le processus de désignation des enseignants, des entretiens préalables avec une vingtaine de professeurs nous ayant été présentés comme susceptibles d'appartenir à l'une ou l'autre des catégories, ont été organisés. A l'issue de ce premier travail qui a permis de réaliser un premier positionnement *a priori* et de vérifier l'acceptation des conditions du suivi, deux groupes de trois enseignants ont été retenus. La passation du questionnaire en ligne a confirmé leur appartenance aux différentes catégories. En particulier, les enseignants retenus sont proches des individus parangons³. Nous avons organisé, dans le courant de l'année 2011, un entretien avec chacun des six enseignants. Ces entretiens, semi-directifs, et d'une durée variable⁴, ont été centrés sur les usages du TBI et leur évolution. Nous nous sommes efforcés, dans la mesure du possible, de faire expliciter les choix réalisés dans les pratiques avec l'outil.

6.2.2 Les entretiens

Les entretiens se centrent sur l'outil et ses usages dans la classe. Trois séries de questions sont proposées :

- une première série reprend certaines des questions de l'enquête en ligne,
- une seconde série complète et précise des dimensions difficilement appréhendables dans l'enquête en ligne,
- une troisième série concerne des données biographiques des interviewés.

Dans les deux premières séries, nous questionnons les pratiques actuelles et leur histoire. Concernant la première série de questions, la reprise partielle de l'enquête concerne d'une part les questions ouvertes renseignées parfois de manière très brève et qui gagnent à être précisées. Cette reprise concerne d'autre part les questions dans lesquelles un choix s'exprimait afin d'entendre les justifications formulées. Pour ne pas dupliquer l'analyse *a priori* déjà faite du questionnaire en ligne, nous nous contentons de préciser notre propos à l'aide de deux exemples. Dans le questionnaire, les enseignants devaient par exemple se prononcer sur quatre affirmations traduisant des avis volontairement tranchés sur l'outil : "*Le TBI, une révolution dans la salle de classe*" - "*Adieu le tableau noir*" - "*Le TBI, un outil qui permet de continuer à enseigner comme avant avec un label TUIC*" - "*Le TBI, rien de plus que le bon vieux vidéo-projecteur*", en quantifiant sur une échelle à 5 niveaux, leur degré

3. Précisons que les enseignants suivis n'ont pas participé à la création des catégories, n'ayant pas participé à l'enquête précédente par questionnaire.

4. D'une heure à deux heures trente pour le plus long.

d'affinité avec chacun d'eux. En permettant aux enseignants de préciser les raisons de leur choix, notre intention est d'accéder aux liens qu'ils entretiennent avec le système d'instruments "tableau-vidéoprojecteur-TBI". Nous examinons si ce système d'artefacts se constitue en instrument de travail⁵ : nous recherchons les caractéristiques de ce système, en particulier si des équivalences fonctionnelles existent entre les différents éléments qui le constituent, ou bien encore si certaines redondances ou complémentarités sont identifiées par les usagers. Un autre exemple concerne le questionnement sur la pertinence de l'usage du TBI dans les différents domaines mathématiques, pour lequel les réponses étaient renseignées à l'aide d'une échelle de Likert. Nous examinons, au delà de ce classement, la correspondance entre les domaines d'activités de l'outil constitués par les usagers et les domaines d'enseignement : nous cherchons à préciser l'existence de fonctions spécifiques de l'outil attribuées à certains domaines voire secteurs d'étude, ou encore, si des fonctions plus génériques de l'outil peuvent servir indifféremment différents domaines.

La seconde série de questions vient compléter des dimensions peu présentes dans le questionnaire. Elles sont liées à la fois aux problèmes instrumentaux rencontrés, à la gestion de la classe et plus largement aux rapports de l'enseignant à ce nouveau type d'outil.

Dans le détail, plusieurs questions interrogent les interactions avec l'outil sous l'angle des problèmes instrumentaux que celui-ci peut induire et leur évolution au fil de l'usage. Il s'agit de mesurer l'adéquation des fonctionnalités offertes par l'outil au projet d'enseignement du professeur. Nous repérons d'éventuelles difficultés d'usage rencontrées, des difficultés éventuellement éprouvées dans la conception de ressources, ou encore la fréquence d'utilisation de certaines fonctionnalités de l'outil et leur fonction dans le projet d'enseignement. Dans cette même perspective, l'absence de certaines fonctionnalités est également interrogée. En conséquence, nous posons cet ensemble de questions : *"Avez-vous rencontré ou rencontrez-vous encore des difficultés d'utilisation du TBI, si oui, lesquelles ?" - "Quelles sont les fonctionnalités du TBI que vous utilisez le plus fréquemment ? L'absence de certaines fonctionnalités est-elle à déplorer ?" - "Existe-t-il des fonctionnalités du TBI qui vous semblent difficiles à utiliser (ou difficiles à utiliser pour les élèves) ?" - "Concernant plus précisément les trois outils suivants : le rideau, le zoom et l'appareil photo. Pourriez-vous les classer du plus utilisé au moins utilisé ? Pourriez-vous indiquer des exemples d'usage de ces trois outils ?"*

Un autre bloc de questions s'intéresse à la gestion de classe, du point de vue de la gestion du travail des élèves dans ce nouvel environnement artefactuel : *"Quel type de travail privilégiez-vous pendant les séances TBI (Groupes,...) ?" - "Faites vous des différences d'utilisation suivant les classes (ou suivant les élèves) ? Pourquoi ?" - "Si les élèves utilisent le TBI, dans quelles circonstances ?" - "Au cours des années d'utilisation, des modifications se sont-elles opérées dans l'usage du TBI en classe dans le choix des scénarios ? dans la conception des scénarios ? dans la gestion des activités et des élèves ?"* et également du point de vue de la gestion de l'environnement artefactuel présent dans la classe (*"Y a-t-il des choses*

5. Autrement dit, de savoir si ce système artefactuel est plus que la somme des éléments qui le composent

que vous faites mieux avec le TBI qu'avec le tableau noir usuel ? Au contraire préférez-vous utiliser le tableau noir pour certaines activités ?" - "Disposez-vous de périphériques supplémentaires installés avec le TBI (webcam, activotes,...) ? Si oui, quelles utilisations en faites-vous en classe ?"

Quelques questions permettent d'apprécier de manière plus générale le rapport de l'enseignant à l'outil dans sa pratique et l'évolution qu'il envisage : *"Si vous deviez convaincre un enseignant d'utiliser le TBI dans sa classe, quels sont les arguments que vous avanceriez ? Quels conseils mais aussi quelles mises en garde pourriez-vous lui donner ?" - "Quelles étaient vos premières attentes ? Ont-elles été satisfaites ?" - "Idéalement, quels seraient les changements ou les améliorations que vous voudriez apporter à l'usage que vous faites du TBI ?"*

Enfin, la troisième série de questions permet d'enrichir les données biographiques de l'interviewé à la fois sur les premières motivations de l'usage du TBI : *"Quelles étaient à l'origine les raisons qui vous ont conduit à utiliser le TBI dans votre pratique ?"* ; sur le poids de l'institution : *"Y avez-vous été incité par l'institution ? Si oui, dans quelles circonstances ?"* ; ainsi que concernant les effets d'une formation : *"Avez-vous participé à une formation TBI ? Quel était votre sentiment sur l'outil à l'issue de cette formation ? A-t-il été modifié, enrichi ? Vous pouvez citer un exemple"*). Des informations sur d'éventuelles pratiques de travail collaboratives sont également recueillies (*"Quelles sont les disciplines des collègues utilisateurs du TBI ?" - "Avez-vous eu des échanges avec des collègues utilisant le TBI, dans la même discipline, dans d'autres disciplines ?"*).

Pour une vue d'ensemble, le lecteur trouvera l'intégralité des questions de l'entretien en annexe G ainsi que des extraits d'entretiens de deux enseignants choisis dans l'une et l'autre des catégories d'utilisateurs.

6.2.3 Lecture des entretiens

Nous étudions le parcours d'intégration de l'outil TBI dans la classe de mathématiques d'individus spécifiques, en tenant compte de sa dimension temporelle *ie* en se donnant les moyens de repérer l'état des usages et leurs trajectoires. Nous cherchons en particulier à examiner dans quelle mesure les potentialités d'actions renouvelées de l'outil TBI peuvent être exploitées par le système de connaissances professionnelles antérieures des enseignants mais également quelles connaissances professionnelles nouvelles sont susceptibles de soutenir la recomposition des pratiques dans ce nouvel environnement.

Nous proposons en conséquence une lecture des entretiens autour de trois dimensions : la dimension *instrumentale* - la dimension *orchestrative* et la dimension *personnelle* avec une attention particulière accordée au repérage d'évolutions, d'évolutions continues, ou encore d'éventuelles ruptures :

- Concernant la dimension *instrumentale*, sont repérés l'usage des fonctionnalités offertes par le logiciel, la sélection et l'utilisation des ressources logicielles et les éventuels

changements opérés au fil du temps. Ce sont à la fois l'adéquation et l'adaptation des fonctionnalités du TBI avec les besoins de l'enseignant qui sont examinées. Il s'agit également de repérer comment s'expriment les besoins instrumentaux des enseignants et quels leviers sont investis par les usagers pour y répondre.

- La dimension *orchestrative* correspond à la gestion globale de la classe et à son orchestration par l'enseignant. Sont repérés l'agencement des artefacts présents dans la classe et son exploitation par l'enseignant. Les éventuels changements opérés dans la position et le rôle occupés par l'enseignant dans cet agencement ainsi que le rôle et les tâches assignés aux élèves sont examinés. Il s'agit de questionner ces schémas orchestratifs au regard des adaptations potentielles dans les tâches proposées aux élèves et leur gestion (tâches habituelles ou nouvelles tâches d'apprentissage construites pour l'environnement)
- La dimension *personnelle* est prise en charge quant à elle à travers la construction d'un *narratif* des interviewés. Nous examinons dans celui-ci les conditions d'entrée et d'accès à l'outil, le rapport entretenu avec les TUIC dans l'enseignement par chacun des usagers et plus largement, à travers notamment la proximité de ces enseignants avec d'autres institutions, les connaissances et conceptions des professeurs sur les mathématiques et sur la manière de les enseigner. L'enjeu de ce *narratif* est de permettre d'interroger les spécificités des parcours et du système de connaissances qui les soutiennent. En particulier, nous souhaitons rechercher l'existence de relations entre le parcours instrumental des enseignants, leur parcours *orchestratif* et leur vision de ce qu'est l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques et du rôle qu'ils semblent assigner à la technologie dans leurs pratiques.

Pour accompagner la lecture spécifique des dimensions *instrumentale* et *orchestrative*, nous avons mis au point différentes grilles de lecture déclinant un ensemble de descripteurs. Nous présentons ce travail de conception en précisant le choix et l'utilisation que nous faisons des descripteurs retenus.

La dimension instrumentale

L'étude de cette première dimension se décline en deux descripteurs :

- le premier concerne l'usage de la palette d'outil principale du logiciel.
- le second correspond aux ressources utilisées dans l'environnement logiciel du TBI

Ces descripteurs identifient les environnements de travail du logiciel privilégiés par les usagers. Ils visent ainsi à renseigner l'état de connaissance de l'outil des usagers et le rôle que ces derniers semblent lui attribuer dans la classe⁶. Le premier descripteur, en particulier, repère l'adéquation de la palette d'outils fournie par le constructeur avec celle potentiellement recomposée par l'utilisateur. Il interroge les choix retenus dans la sélection des outils

6. L'identification dans le discours des enseignants d'adaptations de l'interface du logiciel étant appréciée a priori dans notre lecture comme un indice d'une instrumentalisation élaborée de l'outil.

et son évolution sous l'angle des potentialités entrevues et des difficultés instrumentales rencontrées. Quant au second descripteur, il examine l'activité de conception des enseignants dans l'environnement TBI et son évolution.

Pour chacun de ces deux descripteurs, une grille de lecture est construite. Nous les présentons dans le détail en décrivant les prises d'information réalisées.

GRILLE DE LECTURE DE L'ENTRETIEN CONCERNANT LE DESCRIPTEUR "PALETTE PRINCIPALE DE L'OUTIL" ATTACHÉ À LA DIMENSION INSTRUMENTALE

Descripteur relatif à l'usage de la palette principale				
Usage de la palette principale	Conformité	Usage de l'ensemble des fonctionnalités	Mémorisation Annotation Manipulation Conception	Potentialités entrevues
		Sélection et regroupement d'outils	Mémorisation Annotation Manipulation Conception	Potentialités non investies
	Adaptation	Outils abandonnés	Mémorisation Annotation Manipulation Conception	Potentialités entrevues
		Outils utilisés	Mémorisation Annotation Manipulation Conception	Potentialités non investies
		Outils détournés	Mémorisation Annotation Manipulation Conception	Difficultés instrumentales

Nous repérons d'abord dans les pratiques actualisées les outils de la palette principale retenus par les usagers. En particulier, nous recherchons s'il y a conformité ou non des usages avec ceux prescrits par le constructeur.

Dans le cas d'une conformité stricte, nous repérons les outils les plus usités et les catégorisons (outils d'annotation, de manipulation, de mémorisation ou de conception). Nous recherchons alors les potentialités entrevues dans l'usage qui en est fait.

Dans le cas d'adaptations des outils de la palette, nous distinguons les outils encore utilisés et ceux dont l'usage est abandonné (ou très marginal). Nous identifions également des évolutions dans le regroupement des fonctionnalités les plus utilisées ainsi que d'éventuels détournements d'usage. Nous questionnons alors ces adaptations et leur évolution en terme de difficultés instrumentales, de potentialités entrevues, non investies et/ou non repérées.

GRILLE DE LECTURE DE L'ENTRETIEN CONCERNANT LE DESCRIPTEUR "RESSOURCES UTILISÉES DANS L'ENVIRONNEMENT LOGICIEL DU TBI" ATTACHÉ À LA DIMENSION INSTRUMENTALE.

Descripteur relatif aux ressources utilisées dans l'environnement logiciel du TBI						
Ressources utilisées dans l'environnement logiciel du TBI	Ressources logicielles	logiciels institutionnels		Potentialités illustratives	Intentions portées dans les ressources	
		logiciels non institutionnels		VS		
		livres numériques		Potentialités de manipulation de contenu		
	Ressources non logicielles	issues de la bibliothèque du logiciel du TBI		Nature des ressources	Adaptation de ressources existantes	Interactions des élèves avec les ressources
		issues de banques de données institutionnelles		images animations vidéos...	VS	
		autre provenance			Création spécifique dans l'environnement TBI	

Nous repérons et catégorisons dans un premier temps les ressources utilisées dans l'environnement du TBI. Une première distinction est faite entre les ressources logicielles et celles que nous qualifions de "non logicielles"

Du côté des ressources logicielles, trois sous-catégories sont distinguées a priori :

- les logiciels institutionnels correspondent à ceux dont l'usage est préconisé/mentionné dans les instructions officielles : logiciels de géométrie dynamique, tableurs, émulateur de calculatrice, logiciels de calcul formel, etc...
- les autres logiciels, non institutionnels regroupent des logiciels bureautiques (logiciels de présentation : powerpoint, etc... - éditeurs de textes : word, etc...), d'organisation et de présentation d'idées (openmind, freemind, etc...)
- les ressources "livres numériques"

Les ressources "non logicielles" recouvrent quant à elles, trois sous-catégories identifiées par provenance :

- les ressources fournies dans la bibliothèque du logiciel du tableau par le constructeur
- les ressources "institutionnelles" disponibles dans les banques de données institutionnelles : la banque Educ'base, etc....
- les autres ressources disponibles plus largement sur internet ou d'autres médias qui pourraient être mentionnés par ailleurs.

Nous identifions en particulier, concernant ces ressources non logicielles, leur nature : images, animations (avec ou sans interaction), vidéos, etc...

Nous examinons ensuite, pour l'ensemble des ressources repérées, si elles sont plutôt orientées vers des potentialités illustratives ou plutôt vers des potentialités de manipulation de contenu. Nous repérons si ces différentes ressources sont des adaptations de ressources existantes ou sont créées spécifiquement pour et/ou dans l'environnement du logiciel du tableau. Nous interrogeons également les intentions portées dans les ressources conçues : d'une part, si leur conception est pensée pour permettre de différencier les supports d'apprentissage et varier les chemins d'accès à une même connaissance, d'autre part, si des interactions des élèves avec la ressource via le logiciel sont aménagées.

Nous repérons enfin les évolutions dans la trajectoire d'usage des interviewés, à la fois dans le choix des ressources (abandon d'un type de ressources particulier, type de ressources sur-exprimé, etc...) ainsi que dans les intentions portées dans les ressources conçues.

La dimension orchestrative

Deux descripteurs sont supports d'investigation de cette seconde dimension. Ils concernent :

- l'agencement de l'écosystème numérique présent dans la classe,
- l'exploitation de l'écosystème numérique par les différents acteurs.

Le premier descripteur examine en particulier la complémentarité ou la redondance fonctionnelle des artefacts constituant l'écosystème de la classe (tableau, TBI, etc...). Le second précise le ou les rôles privilégiés que s'attribue l'enseignant dans cette nouvelle configuration technologique et les conséquences sur l'organisation du travail dans la classe (place laissée aux élèves dans le dispositif, "lieux" de production du savoir dans la classe, etc...)

De la même façon que précédemment, nous présentons les grilles de lecture construites pour chacun de deux descripteurs de la dimension orchestrative.

GRILLE DE LECTURE DE L'ENTRETIEN CONCERNANT LE DESCRIPTEUR "AGENCEMENT
DE L'ÉCOSYSTÈME NUMÉRIQUE" ATTACHÉ À LA DIMENSION ORCHESTRATIVE

Descripteur relatif à l'agencement de l'écosystème numérique				
Agencement de l'écosystème numérique	Présence du TBI et du TN	Usage synchrone	Gestion des problèmes instrumentaux	Spécificités des ressources affichées au TBI
				Spécificités des ressources affichées au TN
		Usage asynchrone	Gestion des problèmes instrumentaux	Activités et/ou moments de l'étude associés à l'usage du TBI
				Activités et/ou moments de l'étude associés à l'usage du TN
	Présence unique du TBI	Gestion des problèmes instrumentaux spécifiques (place disponible, permanence de l'affichage, gestion de l'écriture...)		Activités et/ou moments de l'étude privilégiés
				Spécificités des ressources affichées
	Présence de périphériques	Périphériques de publication		Fonctions attribuées
		Périphériques autonomes		
Périphériques informatifs				

Nous repérons dans un premier temps les éléments constitutifs de l'écosystème présent dans la classe. Nous distinguons trois cas que nous interrogeons chacun spécifiquement :

- Présence du TBI et du tableau noir
- Présence du TBI uniquement
- Présence de périphériques associés au TBI

Concernant la présence exclusive du TBI, nous examinons quelle gestion et quelle réponse sont apportées à d'éventuels problèmes instrumentaux spécifiquement rencontrés dans un tel environnement (place disponible, permanence de l'affichage, gestion de l'écriture sur les ressources projetées à l'écran...). Nous repérons ensuite quels types d'activités et/ou quels moments de l'étude sont privilégiés avec l'outil et interrogeons les spécificités des ressources utilisées.

Concernant la présence du TBI et du tableau noir, nous distinguons deux cas :

- l'utilisation conjointe et simultanée du TBI et du tableau noir (usage synchrone)

— *l'utilisation distincte du TBI et du tableau noir (usage asynchrone)*

Nous identifions dans le cas d'un usage asynchrone, quels types d'activités et/ou quels moments de l'étude sont privilégiés (introduction d'une nouvelle notion, correction, etc... - domaine mathématique concerné, etc...) pour l'un et l'autre des deux outils.

Concernant un usage synchrone, nous repérons dans les types d'activités décrites par les enseignants les spécificités des ressources affichées sur l'un et l'autre des deux supports (types de ressources, etc...) et leur complémentarité (permanence des ressources affichées, etc...)

Concernant les périphériques, nous les catégorisons⁷ : les périphériques de publication permettant la transformation de ressource papier en document numérisé (visualiseur, appareil photo, etc...) - les périphériques autonomes (ordinateurs individuels connectés au TBI) - les périphériques informatifs (système de boîtiers de vote), et repérons les fonctions attribuées par les enseignants à chacun d'eux (affichage de productions d'élèves à l'écran, récupération et affichage devant la classe du travail conduit sur ordinateur par les élèves, etc...)

Nous repérons enfin des évolutions possibles de l'écosystème numérique au fil du temps (nouveaux périphériques,...) et de son agencement (inflexion vers une utilisation exclusive du TBI, développement d'usages complémentaires des deux outils, etc...)

GRILLE DE LECTURE DE L'ENTRETIEN CONCERNANT LE DESCRIPTEUR "EXPLOITATION DE L'ÉCOSYSTÈME NUMÉRIQUE" ATTACHÉ À LA DIMENSION ORCHESTRATIVE

7. Nous reprenons les trois catégories construites au cours de l'étude de l'objet technique TBI.

Descripteur relatif à l'exploitation de l'écosystème numérique					
Exploitation	Usages	Formes d'exploitation			
		Pilotage	Adressage	Fonctions	Spécificités
de l'écosystème numérique	essentiellement par l'enseignant	centré sur l'enseignant (explication guidée par le tableau, mise en regard de ce qui se passe au TBI avec d'autres supports...)	en direction de la classe	présenter une nouvelle consigne à la classe conduire l'exploration d'un problème au tableau	variantes de pratiques déjà en place pratique spécifiquement liées aux particularités du TBI
	essentiellement par les élèves	centré sur les élèves	en direction d'un groupe d'élèves	réguler le travail en classe corriger un travail conduit en classe	
	partagé entre l'enseignant et les élèves	(discussion organisée autour de ce qui se passe au tableau, utilisation par l'élève du TBI pour exposer un travail...)	en direction d'un élève en particulier	exhiber une nouvelle technique	

Nous identifions en premier lieu si le TBI est un espace partagé ou non par les acteurs de la classe.

Nous repérons ensuite les formes d'exploitation décrites de l'outil. Nous distinguons celles plutôt centrées sur l'enseignant ie pour lesquelles l'enseignant dirige l'étude et pilote le tableau : explication donnée par l'enseignant et guidée par ce qui est affiché au tableau - mise en regard par l'enseignant de ce qui se passe au TBI avec ce qui se passe sur d'autres supports (papier, livre, tableau noir, etc...)... de celles plutôt centrées sur les élèves ie pour lesquelles même si l'enseignant demeure le directeur de l'étude, une place plus importante est accordée aux élèves : discussion organisée autour de ce qui se passe à l'écran - utilisation par l'élève

du TBI pour exposer un travail à la classe - utilisation par l'élève du TBI pour effectuer les actions demandées par l'enseignant...

Nous examinons ensuite si ces formes d'exploitation sont dirigées vers l'ensemble classe, vers un groupe d'élèves ou encore un élève en particulier.

Nous repérons enfin les fonctions que semblent assumer ces formes d'exploitation dans le travail de la classe. Nous recherchons en particulier s'il s'agit de : présenter une nouvelle consigne à la classe - conduire l'exploration d'un problème au tableau - réguler le travail de la classe - corriger un travail conduit en classe - exhiber une nouvelle technique, éventuellement instrumentée, sans écarter d'autres fonctions possiblement décrites par les enseignants.

Nous repérons enfin le degré de spécificité technologique des formes d'exploitations repérées en distinguant celles qui peuvent être vues comme des variantes de pratiques d'enseignement déjà en place et celles qui seraient plus spécifiquement liées à l'usage de l'outil TBI.

Notons enfin que dans ce travail de recensement des formes d'exploitation de l'outil en classe, nous repérons les évolutions : abandon de certaines formes au fil de l'usage, formes d'exploitation privilégiées par rapport à d'autres...

Notons avant de présenter les résultats de cette étude dans la section suivante, que la caractérisation des usages et de leur évolution que nous proposons nécessite de pouvoir situer les enseignants dans un processus de développement au fur et à mesure de leur appropriation de l'outil. Le choix des indicateurs de telles évolutions dans les propos des interviewés est *a priori* délicat car il est difficile pour ces mêmes enseignants d'apprécier les changements opérés dans leurs pratiques professionnelles, et cette difficulté est d'autant plus marquée en l'absence de repères institutionnels clairs d'usages préconisés.

Au delà de la précaution prise d'interroger des usagers susceptibles de produire un discours réflexif sur leur pratique de l'outil, reste que les données recueillies demeurent limitées et les interprétations doivent rester prudentes. Les résultats de cette première étude sont un premier pas qui sera triangulé avec les résultats de l'étude *in situ* à suivre.

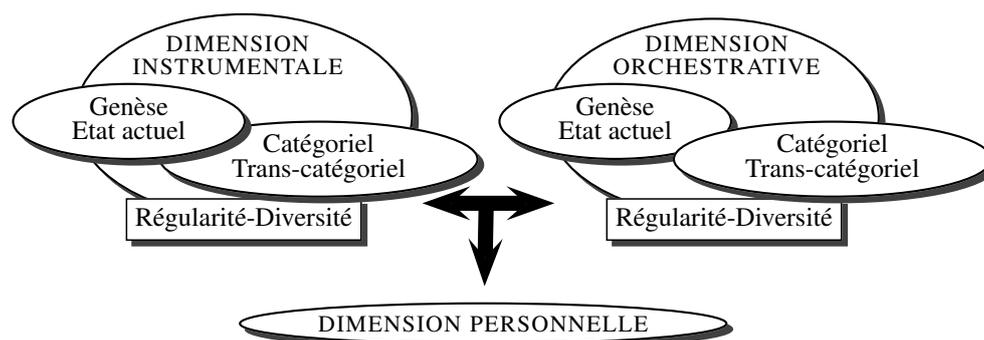
6.3 Résultats

Les résultats de l'étude interrogent en terme de régularités et de spécificités les usages stabilisés de l'outil et leur genèse chez deux catégories d'usagers, ceci à partir d'entretiens centrés sur trois dimensions : la dimension *instrumentale*, la dimension *orchestrative* et la dimension *personnelle*. L'étude conduite confirme l'existence de régularités se traduisant à la fois au niveau des usages stabilisés (et particulièrement visibles à l'intérieur de chacune des catégories) mais aussi des régularités en terme de genèse d'usage qui transcendent les catégories d'usagers. Elle souligne également l'existence de spécificités en lien avec la dimension *personnelle* des interviewés. Plus précisément :

- concernant la dimension
- instrumentale, un premier résultat concerne les régularités au niveau des genèses

d’usages. Nous montrons que ces régularités ne sont pas seulement internes à une catégorie donnée mais traversent les catégories d’usagers. Du côté des usages stabilisés, des résultats catégoriels en termes de régularités et de spécificités participent à consolider et étoffer les profils d’usagers.

- pour ce qui est de la dimension *orchestrative*, des résultats en terme de genèses et en terme d’usages stabilisés sont présentés. Nous montrons que si des régularités trans-catégorielles apparaissent en terme de genèse d’usage, une plus grande variabilité (y compris une variabilité catégorielle) existe notamment en terme d’usage stabilisés. Cette variabilité qui semble s’installer plus facilement dans la dimension *orchestrative* est questionnée en terme de traitement et de recueil effectif des informations de cette dimension.
- Nous pointons enfin la nécessité d’une prise en compte de la dimension *personnelle* : nous montrons comment cette dimension *personnelle* permet de faire sens de certaines régularités et diversités observées dans les profils spécifiques de chacun des enseignants suivis.



6.3.1 La dimension instrumentale

Nous identifions quatre phases dans la trajectoire instrumentale des enseignants, construites à partir des régularités trans-catégorielles observées dans les entretiens. Cette construction s’articule et se structure autour des points de convergence pointés dans les genèses instrumentales. Il ne s’agit pas cependant de gommer l’existence de variations individuelles⁸. Nous précisons en particulier, les spécificités catégorielles dans ce parcours instrumental dès qu’elles se manifestent.

Première phase : la phase *migratoire*

La première phase instrumentale consiste en la migration d’instruments anciennement installés dans la pratique des enseignants vers ce nouveau support. Le TBI devient un espace

8. Il ne s’agit ici effectivement de ne nullement gommer des variations individuelles, précisément parce que le premier rôle que nous voulons assigner à ce modèle est de permettre, par la suite, de mieux interroger ces variations entre usagers, d’examiner la négociation de ces différentes phases, à la lumière des profils des usagers.

d'accueil de divers documents (énoncés d'activités, d'exercices, fiches de cours....) ainsi que de logiciels institutionnels, et en premier lieu, LGD et tableurs. Il libère ainsi l'enseignant de certaines contraintes (disponibilité du manuel, contrôle des logiciels devant la classe⁹) et offre la possibilité d'annoter les différents éléments projetés à l'écran. Ce sont avant tout les outils d'annotation et de sélection qui interviennent dans cette phase. De plus, dans ce premier mouvement, les matériaux projetés sur le tableau sont très proches des matériaux utilisés avant l'arrivée du TBI. L'héritage d'usages établis d'instruments plus anciens (tableau noir, vidéoprojecteur) vient peser sur les usages en construction, le TBI devant assumer simultanément les fonctions d'espace d'écriture et de vidéoprojection de divers matériaux.

Ce processus de migration d'outils dans ce nouvel environnement à l'oeuvre ici ne va pas nécessairement de soi, et soulève plusieurs problèmes instrumentaux. Les entretiens soulignent en particulier :

- l'intégration des LGD, particulièrement symptomatique de ce processus migratoire, avec le problème de la gestion simultanée au TBI de textes démonstratifs et de figures géométriques animées.
- l'espace disponible sur le TBI, jugé unanimement plus réduit que celui offert par le tableau noir
- l'intégration de supports numériques plus anciens (fichiers textuels : word, openoffice, etc...) etc...) et les problèmes d'importation (format non supporté, etc...) dans l'interface du logiciel du TBI.

Dans les solutions apportées à ces problèmes instrumentaux rencontrés par les usagers, des différences catégorielles apparaissent.

Concernant les enseignants issus de la première catégorie, regroupant les utilisateurs occasionnels, ces problèmes demeurent en instance de règlement. Ce sont avant tout les fonctionnalités de navigation du logiciel qui permettent de lever partiellement ces contraintes (insertion de lien dans les paperboards vers des images, des logiciels, navigation entre pages, etc...).

Pour ce qui est des utilisateurs plus expérimentés, issus de la seconde catégorie, d'autres techniques sont également envisagées et témoignent d'une certaine forme de créativité. Concernant par exemple des pratiques intégrant l'usage de logiciels de géométrie dynamique, des techniques sont décrites pour que ces pratiques puissent vivre uniquement au sein du TBI : *"si j'ai ma figure qui est là, j'ai un début de démo mais je veux garder la trace, donc je passe à la page d'après, du coup, je n'ai plus la figure. Je la copie colle, je la récupère, pour l'avoir à nouveau sous les yeux"*. Concernant le problème de place disponible, la reconnaissance d'écriture est sollicitée pour augmenter l'espace, l'écriture manuscrite occupant plus

9. On peut lire dans les entretiens ces différentes affirmations : *"je me souviens qu'avant, tu avais toujours le livre à la main, [...] là, je n'ai pas le livre à la main et tout le monde là", "je pilote le logiciel directement au tableau, et plus derrière ma souris et mon écran"*, etc...

de place et étant jugée plus difficile à manipuler et à réduire. D'autres outils sont également détournés de leur usage premier pour servir la résolution de ce problème d'espace : *"La loupe, comme je fais tout au tableau numérique, il y a souvent des élèves qui se lèvent au fond pour voir, et en fait avec la loupe, je peux relever et les élèves voient. En fait, la loupe ne zoome pas, le petit truc loupe, ça me permet juste de déplacer l'image et gagner de l'espace"*.

Ces premiers problèmes instrumentaux rencontrés obligent la gestion d'incidents techniques devant la classe et certains usagers soulignent que cela peut constituer un motif d'abandon de l'outil. Le fait d'utiliser le TBI dans cette première phase comme support de projection de documents proches de ceux à disposition des élèves participe à minimiser cette insécurité instrumentale : *"on prévoit de projeter un truc, ben, vous avez la feuille devant vous, bon, ben c'est pas grave, je ne peux pas vous la montrer mais bon"*

Seconde phase : la phase *exploratoire*

Après une première phase migratoire, la seconde phase instrumentale consiste en une exploitation plus systématique des fonctionnalités de l'outil et en un essai de leur exploitation didactique. L'exploration de nouvelles fonctionnalités de l'outil, motivée par des arguments de découverte et de rentabilité¹⁰, reste cependant encore *localisée* :

- d'une part, les fonctionnalités citées par les enseignants sont en premier lieu celles présentes dans la palette d'outils principale du logiciel. D'une certaine façon, le *design* de l'interface du logiciel du tableau participe à orienter cette seconde phase exploratoire.
- d'autre part, dans ce travail exploratoire, ce sont les fonctionnalités tournées vers l'annotation du contenu qui restent privilégiées (surligneur, etc...), et outillent plus aisément les pratiques des enseignants.

Cette exploration systématique a également un coût important : *"j'ai essayé de découvrir toutes les possibilités [...] j'ai énormément travaillé, le temps a explosé"*, mais l'investissement conséquent consenti par les enseignants est soutenu par un gain d'expertise instrumentale directement quantifiable et des premiers effets repérés sur les élèves : *"ça facilite l'intérêt des élèves, donc tout ce qui va être facilitant pour capter leur attention..."*.

Dans ce travail de recherche de niches d'usages des fonctionnalités disponibles, un tri s'opère. Des régularités s'observent chez l'une et l'autre des catégories d'usagers :

- certains outils peinent unanimement à trouver une place pérenne. Le spot, le zoom et dans une moindre mesure le rideau sont des exemples fournis.
- de la même façon, l'outil mémoire, dont les potentialités apparaissaient *a priori* grandes, ne demeure que faiblement exploité et en tout cas loin des niches potentiellement entrevues par l'institution. Loin d'ériger le TBI comme mémoire didactique

10. Le coût du dispositif est un argument avancé de façon récurrente pour motiver l'exploration des fonctionnalités de l'outil.

de la classe, cet outil est utilisé pour assurer essentiellement la transition entre deux séances consécutives.

Concernant les usagers de la seconde catégorie, des critères de tri plus élaborés et essentiellement tournés vers des arguments de flexibilité des outils sont formulés. Ils laissent apparaître une certaine diversité, notamment à travers le détournement de l'usage prévu par les concepteurs de certaines fonctionnalités. Par exemple, l'outil *remplissage* permet la réalisation de caches et est préféré à l'outil *rideau* jugé moins flexible par un usager. Le fonctionnement de la gomme, qui ne permet pas l'effacement définitif des éléments sur le tableau est jugé problématique par un autre. La bibliothèque de ressources, quant à elle, est jugée unanimement au sein de cette catégorie, difficile à exploiter car d'architecture peu ergonomique.

Troisième phase : la phase *stabilisatrice*

Cette troisième phase instrumentale est repérée uniquement chez les usagers les plus avancés, ceux issus de la seconde catégorie. Elle consiste en une stabilisation et une sécurisation instrumentale des usages. On observe chez chacun des usagers la constitution d'une palette d'outils privilégiée sur laquelle ils se centrent. Ce qui caractérise cette troisième phase, au delà des variations existantes dans le choix des outils, est un spectre des fonctionnalités recentré sur des usages routiniers, un gain d'expertise dans le maniement de l'outil et des enseignants mieux préparés à la gestion d'éventuels problèmes instrumentaux.

Des stratégies d'adaptation et de contournement sont par exemple mises en place et permettent de régler certains problèmes rencontrés : l'usage d'une clé USB est par exemple préférée à la bibliothèque du logiciel pour stocker et disposer de différentes ressources utilisables, la gomme qui ne permet pas l'effacement définitif des objets est utilisée "avec parcimonie" et couplée avec d'autres outils assumant la même fonction, etc... D'autres problèmes instrumentaux, plus résistants (calibrage instable du tableau, etc...) sont des événements intégrés et assumés dans le quotidien de la classe et ne sont plus source d'inquiétude : "*on recalibre, ça prend quelques secondes et voilà..*".

Durant cette troisième phase, le TBI devient également un outil permettant de disposer de diverses ressources potentiellement convocables pour répondre à des besoins spécifiques et non prévus *a priori* : "*ces logiciels - en parlant du tableur et de Géogébra - sont à demeure, dès que j'en ai besoin, je les ouvre*".

Notons enfin que l'ensemble des interviewés souligne qu'une pratique régulière est nécessaire pour capitaliser et consolider cette expertise acquise.

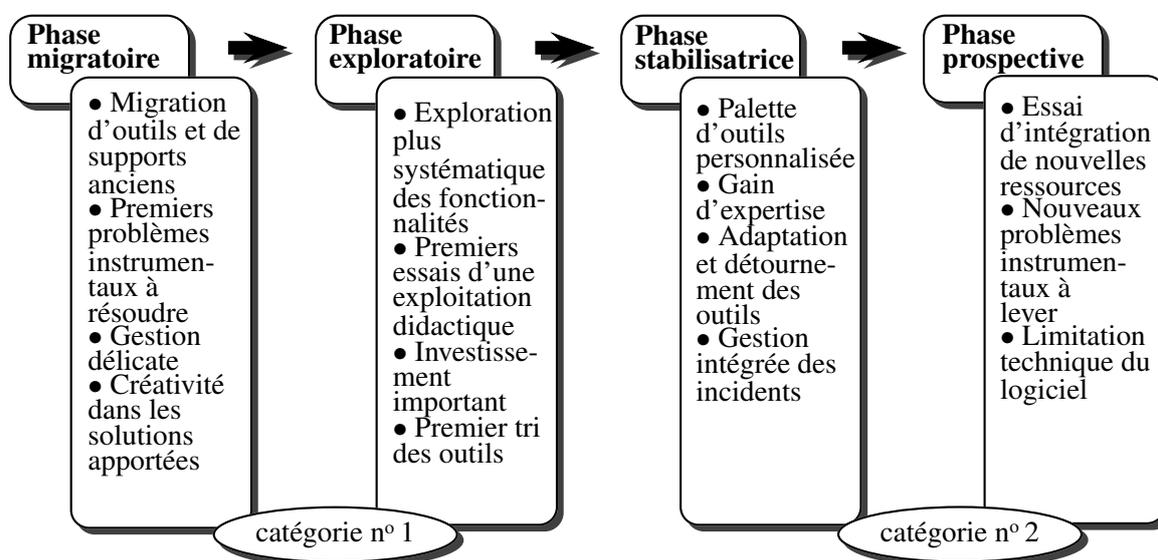
Quatrième phase : la phase *prospective*

La quatrième phase consiste en une seconde exploration des fonctionnalités de l'outil, plus raisonnée en terme d'investissement. Elle a pour objet le développement d'usages non encore investis, reposant sur l'intégration de ressources nouvelles et dans une certaine

mesure inédites : utilisation de films, d'animations interactives, de logiciels d'organisation d'idées (Freemind etc...). Cette dernière phase instrumentale n'apparaît pas systématiquement actualisée dans les pratiques. Elle est envisagée comme perspective par les enseignants de la première catégorie. Deux types d'arguments sont avancés pour expliquer cette non-actualisation :

- des problèmes liés directement à l'équipement technique : une tentative de visioconférence est par exemple avortée : *"ça aurait pu être intéressant de travailler en visio avec eux et on n'a pas pu le faire parce que d'une part les connexions ne sont pas suffisantes, et puis on avait pas le matériel adapté"*
- des difficultés liées à des problèmes instrumentaux non encore résolus. Des problèmes d'intégration de séquences vidéo dans le logiciel du tableau sont par exemple pointés. Plus largement, ce sont certaines limitations techniques du logiciel qui sont évoquées : la taille des fichiers générés par l'outil d'enregistrement des événements visibles à l'écran du tableau est par exemple jugée trop importante pour que ces fichiers puissent être exploités ; les possibilités offertes de conception d'animations sont également jugées trop restreintes : un enseignant déclare à ce sujet les trop grandes difficultés à lever dans la construction d'un *"puzzle interactif"*¹¹.

Le schéma suivant synthétise les différentes phases de la trajectoire instrumentale de l'outil pour les six enseignants étudiés.



Cette première étude met à jour des points d'ancrage communs dans un parcours instrumental structuré et des catégories d'utilisateurs clairement identifiées dans ce processus. Si de telles régularités apparaissent structurer la dimension instrumentale des usages, leur dimension orchestrative laisse vivre une plus grande variabilité. Quand est-il précisément ? Quelles sont

11. Ce travail de conception et les problèmes instrumentaux qu'il pose sont détaillés dans le quatrième chapitre de la thèse

les spécificités catégorielles relative à cette dimension ? Comment expliquer cette relative diversité ? Nous abordons ces différentes questions dans la section suivante.

6.3.2 La dimension orchestrative

En s'intéressant de la même façon à la genèse du côté de la dimension orchestrative, nous présentons une première régularité, caractérisée par un renforcement du collectif dans les pratiques. Nous montrons que si un mouvement de renforcement de l'ostensif est possible, d'autres évolutions existent : l'examen du paysage orchestratif des catégories d'usagers souligne ainsi que cette tendance ne s'accompagne pas nécessairement d'un "*appauvrissement*" du collectif mais aussi de la constitution d'un répertoire orchestratif qui tend dans une certaine mesure à l'*optimiser*. Cet examen permet d'apprécier une plus grande variabilité catégorielle des usages et de la questionner.

Une première tendance orchestrative

L'entrée du TBI dans la classe est globalement jugée synonyme d'une augmentation de la présence de l'enseignant au tableau, et en conséquence, des élèves engagés de manière synchrone dans une même tâche, tournés vers le tableau¹². Cette tendance dans les premiers usages est en cela conforme aux recherches anglo-saxonnes ambiantes. Plusieurs raisons sont données pour expliquer cette possible inflexion vers un renforcement du collectif. Elles concernent d'une part les effets sur la classe et sa gestion :

- des avantages immédiats sont pointés sur la concentration et la motivation des élèves. Un enseignant déclare à ce sujet : "*c'est vrai que grâce au TNI, il y a plus de concentration sur un même outil de l'ensemble de la classe, du coup, on se sert de ça puisque ça fonctionne*"
- des arguments en faveur d'une gestion facilitée de la classe avec un contrôle de l'activité des élèves plus aisé sont également avancés : "*les enfants regardent le tableau et on les regarde regarder le tableau [...] on voit de suite ceux qui sont intéressés, ceux qui regardent en l'air*"

Elles concernent d'autre part les caractéristiques de l'outil lui-même :

- les fonctionnalités illustratives sont jugées d'une prise en main aisée. Investies prioritairement par les usagers dans les premiers temps d'utilisation, ces fonctionnalités permettent d'outiller plus facilement des usages collectifs du tableau. Elles participent ainsi à alimenter une poussée vers plus de collectif dans la classe.

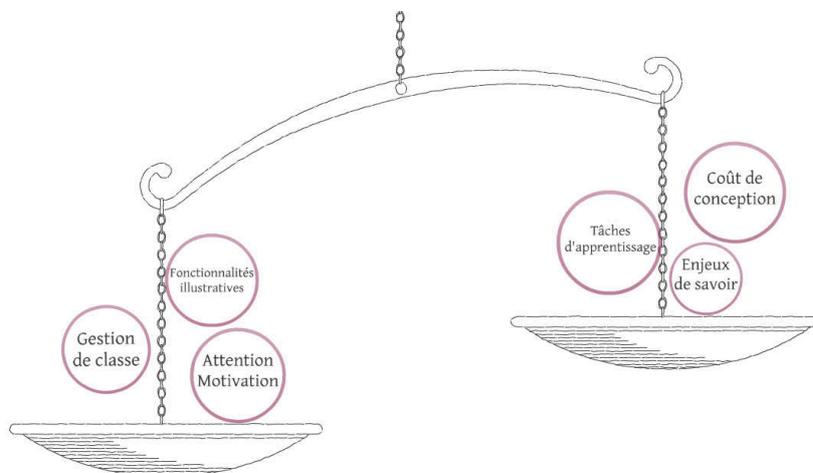
Par ailleurs, apparaissent dans le discours des enseignants des écueils d'une telle tendance, susceptibles d'altérer la qualité des apprentissages en jeu. L'abondance du recours à différents stimuli pour capter l'attention des élèves peut par exemple détourner les élèves des

12. Les enseignants qualifient ainsi de "plus frontale" cette tendance dans leurs pratiques.

véritables enjeux d'apprentissage. La position renforcée du professeur au tableau dirigeant le logiciel est vue également comme pouvant altérer l'engagement des élèves dans les tâches d'apprentissage : *"je dirai que mes élèves devenaient passifs, ils avaient toujours très envie de venir au tableau, ils levaient le doigt pour venir au tableau, mais face aux apprentissages, il y avait un côté où l'enfant disait ça va arriver, ça va m'arriver, parce que la maîtresse va sortir de son chapeau quelque chose de nouveau, et puis que j'aurai moi plus besoin de réfléchir"*.

Sortir de cette première tendance orchestrative reste cependant délicat, et ceci même pour des enseignants sensibilisés à de tels écueils : le problème du coût élevé du temps de préparation et de conception des séances est soulevé : *"quand on a plusieurs séquences à fabriquer dans une journée, on va, pour certaines au moins à la facilité, qu'est ce qui est plus rapide de faire pour mettre en place quelque chose qui fonctionne sans être trop chronophage"*.

Les arguments avancés dans la littérature anglo-saxonne pour justifier ce renforcement du collectif consistent à souligner que l'entrée dans l'usage du TBI se fait dans la continuité de pratiques existantes, elles-mêmes teintées de collectif, cette tendance étant appelée à s'amoinrir au cours du processus d'intégration de l'outil dans les pratiques. Pour notre part, plus qu'une tendance, c'est possiblement l'existence d'une tension que révèle également cette première étude à travers des enseignants interviewés par ailleurs vigilants à ne pas renforcer cette inflexion vers plus de collectif. Cette tension est alimentée à la fois par des bénéfices immédiats dans la gestion de la classe et par des premières fonctionnalités illustratives de l'outil facilement accessibles. Sa résolution nécessite une prise de conscience des écueils possibles et un travail de conception substantiel. Elle passe en particulier chez un des enseignants par la renégociation explicite du contrat de classe ambiant : *"j'ai vraiment senti le moment où il fallait re-saisir un peu la classe, en conseil de coopération avec les élèves, en discuter, voilà comment on peut faire pour que à nouveau, chacun d'entre vous soit actif de son savoir et les élèves ont pris part d'ailleurs à cette réflexion"*



Cette première tendance révélée, la question de savoir comment elle se traduit dans les évolutions possibles des usages se pose. Quelles pratiques constituées semblent ne pas réduire

l'outil à une fonction ostensive ? Quelles sont les recherches d'optimisation conduites dans la gestion du collectif avec l'outil ? L'examen des paysages orchestratifs constitués par l'une et l'autre des catégories d'utilisateurs permet d'investir ces différentes questions.

Répertoire orchestratif des usages

Pour aborder le questionnement précédent, nous caractérisons les schémas orchestratifs repérés lors des entretiens. Les choix opérés pour cette caractérisation sont présentés en premier lieu. Nous montrons ensuite, à travers l'examen des schémas orchestratifs catégoriels, que le changement de catégorie d'utilisateurs s'accompagne d'une part d'un aménagement des usages vers une optimisation de la gestion du collectif et d'autre part d'un enrichissement des *modes d'exploitation* des *configurations didactiques* dans lesquelles l'outil est impliqué. Drijvers (2010), à la suite de Trouche (2003), propose une description des orchestrations en trois niveaux qu'il identifie à partir de l'examen de séances filmées : l'agencement des artefacts dans la classe et la position de l'enseignant induite par cet agencement (*la configuration didactique*), l'exploitation par l'enseignant de la configuration didactique pour mettre en scène la classe et ses intentions didactiques (*le mode d'exploitation*) et un dernier niveau renvoyant aux décisions ad hoc de l'enseignant dans le mode d'exploitation retenu (*la performance didactique*). Si notre démarche s'inscrit dans la continuité de ces travaux, elle diffère quelque peu cependant. Nous retenons certains des ingrédients orchestratifs proposés par cet auteur (*la configuration didactique* et *le mode d'exploitation*). Une diversité contrastée dans l'activité de conception des ressources chez l'une et l'autre des catégories d'utilisateurs et une variété des moments de l'étude impliqués dans l'usage du TBI nous conduisent également à l'ajout de deux ingrédients orchestratifs supplémentaires (les familles de ressources et les moments de l'étude) dans la construction du répertoire orchestratif des usages de l'outil. Nous détaillons et légitimons ces choix ici.

D'une part, compte tenu de la nature descriptive des données étudiées, seuls les deux premiers niveaux des orchestrations de Drijvers apparaissent clairement accessibles dans l'étude. En abandonnant ainsi provisoirement le niveau de performance didactique, nous distinguons deux dimensions dans les orchestrations, celle de la mise en œuvre *in situ* et celle du *design*. Cette dimension de *design didactique* que nous investissons ici prend en compte, dans le cas spécifique du TBI :

- du côté des configurations didactiques : le type d'environnement de travail¹³ du logiciel utilisé, les fonctionnalités du logiciel utilisées.
- du côté des modes d'exploitations : les buts pédagogiques poursuivis¹⁴ et les éven-

13. L'étude de l'objet technique a permis précédemment de différencier quatre types d'environnement de travail, nous reprenons ici cette typologie.

14. Comme le souligne Rabardel (2001), "l'activité médiée par un instrument est toujours située et les situations ont une influence déterminante sur l'activité". Ces buts pédagogiques correspondent à des gestes professionnels identifiés dans le discours des enseignants, parmi lesquels figurent par exemple l'examen du travail d'un élève, la comparaison de différents travaux d'élèves ou bien encore

tuelles potentialités et contraintes pesant sur les schémas orchestratifs décrits.

D'autre part, dans les travaux de Drijvers, et contrairement à notre étude, l'activité de conception n'est pas à la charge des enseignants, les ressources utilisées étant fournies par le chercheur¹⁵. Ce degré de liberté supplémentaire dans notre étude laisse apparaître une diversité signifiante dans les ressources construites par les usagers et les moments de l'étude qu'elles permettent de soutenir. L'ajout de deux ingrédients orchestratifs que sont les *familles de ressources* et les *moments de l'étude* dans la construction du répertoire orchestratif des usages permet la prise en compte de cette diversité :

- concernant les *familles de ressources* utilisées avec l'outil, un regroupement en cinq grandes familles est constitué à partir des entretiens : les ressources reproduisant les documents à disposition des élèves, les ressources intégrant un logiciel institutionnel (LGD, tableurs, calculatrices...), celles constituées de la trace du travail des élèves, celles permettant de simuler l'action du matériel à disposition des élèves et une dernière catégorie regroupant les logiciels et autres utilitaires non institutionnels.
- concernant les *moments didactiques* dans l'activité de l'enseignant, l'emprunt chevallardien que nous faisons ici recouvre dans nos propos un sens plus large¹⁶. Ces moments sont identifiés a posteriori dans le discours des enseignants et renvoient aussi bien à des moments naturalisés de l'étude (corriger, évaluer, institutionnaliser, etc...) qu'à des moments plus spécifiés dans l'étude (s'assurer de la compréhension du problème par tous, valider ou invalider des propositions de la classe, etc...)

Le choix de ce quadruplet (*familles de ressources - moments didactiques - configurations didactiques - modes d'exploitation*) retenu pour la description du répertoire orchestratif des usagers permet en outre :

- l'accès synthétique à la diversité catégorielle des ressources utilisées et le questionnement de la cohérence entre l'activité de conception de l'enseignant¹⁷ et la dimension instrumentale précédemment étudiée,
- l'accès à la diversité et à l'enrichissement des *modes d'exploitations* d'une même ressource dans le passage d'une catégorie à l'autre,
- l'accès à d'éventuelles sous-représentations des différents moments didactiques et la mise en évidence de *trous* dans l'activité de l'enseignant particulièrement informatifs du point de vue de l'analyse des usages catégoriels.
- l'inscription dans la continuité et le prolongement de la catégorisation proposée par Drijvers, dans laquelle le paramètre *ressource* constituée un paramètre unifié de l'étude.

la présentation des fonctionnalités d'un logiciel.

15. Un des enjeux de son étude est précisément l'examen des spécificités éventuelles de la ressource au regard des différents schémas orchestratifs.

16. Le terme "moment" est retenu pour souligner l'aspect temporel (au sens commun et au sens de l'avancé du savoir) de l'action de l'enseignant, le qualificatif "didactique", quant à lui, renvoie à ce que cette action est porteuse d'intentions didactiques.

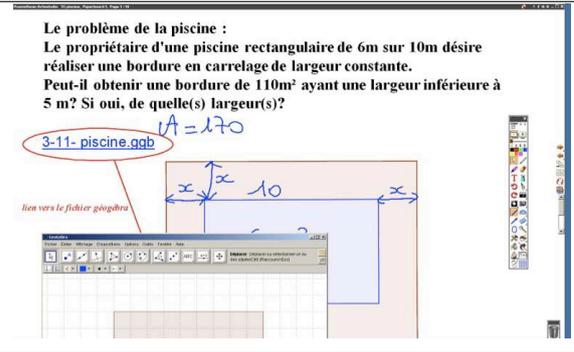
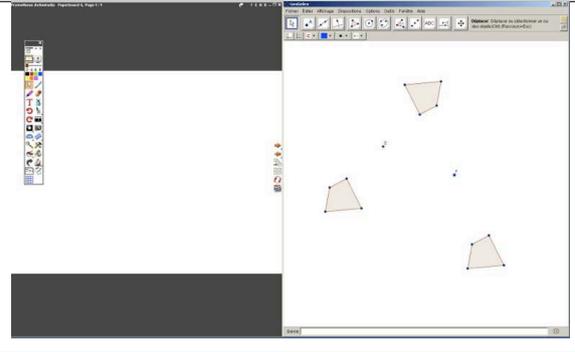
17. Accessible via les différentes familles de ressources

Nous présentons dans la section suivante les schémas orchestratifs mis en place pour chacune des familles de ressources, en distinguant :

- d’une part, les ressources exploitées de manière commune par les deux catégories en examinant en particulier les spécificités catégorielles repérées,
- d’autre part, les ressources exploitées par les usagers les plus expérimentés et la diversité des schémas orchestratifs construits.

Ressources communes aux deux catégories et schémas orchestratifs associés.

Deux familles de ressources sont communes à l’ensemble des usagers de l’outil : la première correspond à des ressources intégrant un logiciel institutionnel, la seconde est constituée de ressources dupliquant les documents mis à disposition des élèves. Nous donnons des exemples de représentants de ces familles ci-dessous.

Exemples de représentants de la famille n°1	
 <p>The screenshot shows a text-based problem in French: "Le problème de la piscine : Le propriétaire d'une piscine rectangulaire de 6m sur 10m désire réaliser une bordure en carrelage de largeur constante. Peut-il obtenir une bordure de 110m² ayant une largeur inférieure à 5 m? Si oui, de quelle(s) largeur(s)?" Below the text is a dynamic geometry software interface with a diagram of a rectangular pool (6m by 10m) with a surrounding border of width 'x'. Handwritten blue annotations include "A=170" and "3-11- piscine.ggb". A red arrow points to a link "lien vers le fichier géogebra".</p>	 <p>The screenshot shows a dynamic geometry software interface with a white workspace containing several geometric shapes, including triangles and lines, arranged in a way that suggests a geometric proof or construction.</p>
<p>La ressource comprend la donnée de la consigne et le recours à un LGD donnant accès à une représentation dynamique de la situation géométrique étudiée</p>	<p>Le tableau est scindé en deux, d’un côté un LGD et une situation géométrique à l’étude, de l’autre, une page blanche de l’environnement du logiciel du tableau</p>

Exemples de représentants de la famille n°2

<p>Constituée du texte de la consigne et d'éventuels éléments graphiques permettant d'illustrer la situation, un espace laissé vierge est aménagé pour recueillir des annotations</p>	<p>Figure dans cette ressource la trame du cours, illustrée à l'aide de figures et un texte à compléter</p>

Les tableaux suivants présentent les schémas orchestratifs repérés relatifs aux deux premières familles de ressources dans l'une et l'autre des catégories.

Famille n°1 : ressources intégrant un logiciel institutionnel				
Schémas orchestratifs communs			Schémas orchestratifs de la catégorie n°2	
Moment de l'étude	PRÉSENTER UN TRAVAIL		Moment de l'étude	CORRIGER UN TRAVAIL
Répartition catégorielle	Catégorie n°1	Catégorie n°2	Répartition catégorielle	Catégorie n°2
	3/3	3/3		3/3
Configuration didactique	Elle comprend l'accès à la ressource projetée à l'écran et aux fonctionnalités de déplacement et d'annotation de l'environnement logiciel du TBI (stylo, surligneur). Le professeur dirige l'étude du tableau, les élèves sont disposés de façon à suivre la présentation.		Configuration didactique	Elle s'appuie simultanément sur l'usage d'un LGD et sur l'environnement du logiciel du TBI, en particulier sur la possibilité offerte d'insertion d'images. Le professeur dirige l'étude du tableau. Les élèves sont disposés de façon à voir le TBI.

<i>Mode d'exploitation</i>	Le problème est présenté par l'enseignant. Les fonctionnalités du LGD (aspect dynamique des figures, etc...) et des annotations directement apposables sur la figure dynamique sont exploitées pour soutenir la présentation.		<i>Mode d'exploitation</i>	Le but poursuivi est la correction d'un travail géométrique conduit en classe. La fonctionnalité de capture totale ou partielle d'écran permet l'intégration de tout ou une partie de la feuille de travail du LGD dans une page du TBI. Elle est exploitée pour enrichir la phase rédactionnelle de l'étude d'images de configurations géométriques choisies.
<i>Moment de l'étude</i>	TESTER LA VALIDITÉ D'UNE PROPOSITION		<i>Moment de l'étude</i>	ASSISTER LES GENÈSES INSTRUMENTALES
<i>Répartition catégorielle</i>	Catégorie n°1	Catégorie n°2	<i>Répartition catégorielle</i>	Catégorie n°2
	3/3	3/3		1/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès au logiciel projeté à l'écran et des élèves ayant effectués une première recherche sur feuille.		<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès au logiciel projeté à l'écran et des élèves disposés de façon à suivre la démonstration.
<i>Mode d'exploitation</i>	L'enseignant pilote le logiciel. Ce dernier permet d'éprouver les propositions faites par les élèves, leur validation ou invalidation, à la recherche d'un consensus dans la classe.		<i>Mode d'exploitation</i>	L'enseignant expose les fonctionnalités du logiciel et effectue simultanément les manipulations associées. Il peut être également assisté d'un élève qui effectue sous son contrôle ces mêmes manipulations.
<i>Moment de l'étude</i>	CONDUIRE UNE ÉTUDE IMPLIQUANT L'USAGE DE CALCULATRICES			
<i>Répartition catégorielle</i>	Catégorie n°1	Catégorie n°2		

	1/3	1/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès à un émulateur de calculatrice projeté à l'écran et des élèves disposant de calculatrices.	
<i>Mode d'exploitation</i>	Le professeur reproduit sur l'émulateur certaines des investigations conduites par les élèves sur leur calculatrice. Cet espace de travail commun est enrichi d'annotation et support d'une discussion menée par l'enseignant.	

Famille n°2 : ressources reproduisant les documents à disposition des élèves		
<i>Schémas orchestratifs communs</i>		<i>Schémas de la catégorie 2</i>
<i>Moment de l'étude</i>	PRÉSENTER UN TRAVAIL À LA CLASSE	
<i>Répartition catégorielle</i>	Catégorie n°1	Catégorie n°2
	3/3	3/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès à la ressource projetée à l'écran, et aux fonctionnalités d'annotation du TBI (stylo, surligneur). Les élèves sont disposés de façon à suivre la présentation au tableau.	
<i>Mode d'exploitation</i>	Ce qui est projeté à l'écran est le point de départ de la présentation conduite par l'enseignant et le support d'une discussion animée par le professeur avec l'ensemble de la classe afin de s'assurer de la compréhension du problème par tous.	
aucun schéma orchestratif spécifique		

<i>Moment de l'étude</i>	CORRIGER UN TRAVAIL	
<i>Répartition catégorielle</i>	Catégorie n°1	Catégorie n°2
	2/3	3/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès à la ressource projetée à l'écran, et aux fonctionnalités d'annotation du TBI. Les documents projetés sont identiques à ceux des élèves. Ces derniers sont disposés de façon à suivre la présentation au tableau et invités à corriger leur propre document. L'enseignant (ou un élève sous la direction de l'enseignant) annote le tableau.	
<i>Mode d'exploitation</i>	Les documents projetés sont complétés directement au tableau après que les élèves aient fait le travail sur ces mêmes documents	
<i>Moment de l'étude</i>	INSTITUTIONNALISER UN SAVOIR	
<i>Répartition catégorielle</i>	Catégorie n°1	Catégorie n°2
	1/3	3/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès à la ressource projetée à l'écran, et aux fonctionnalités d'annotation du TBI (stylo, surligneur). Les élèves sont disposés de façon à suivre la présentation au tableau.	

<i>Mode d'exploitation</i>	Trois variantes existent possiblement. Le professeur peut dévoiler à la classe le texte, préparé en amont et présentant le savoir à institutionnaliser. Ce texte peut être partiellement proposé, les élèves étant mis à contribution pour le compléter. Enfin, une dernière option, exclusive de la seconde catégorie, consiste à apposer le texte manuscrit directement sur le TBI.
--------------------------------	--

Deux premières familles de ressources trouvent ainsi un terrain d'accueil favorable dans les premiers usages construits du TBI chez l'ensemble des usagers. Ces ressources correspondent à une *migration de lieu* de ressources par ailleurs exploitées dans des pratiques antérieures : les logiciels institutionnels migrant de la salle informatique à l'écran du TBI, la documentation des élèves se dupliquant dans ce nouvel espace de travail.

Des arguments partagés en faveur de ce mouvement concernent la centration de l'attention de la classe sur une unique référence commune, la libération de contraintes matérielles (livre, etc...) ou encore l'économie de l'écrit au tableau. Ces éléments sont un gage d'une plus grande disponibilité de l'enseignant, dès lors capable de mieux apprécier et mieux contrôler l'investissement des élèves dans l'étude. Mais au delà de ce trait commun, des spécificités catégorielles se dessinent. Elles tiennent à la fois aux moments de l'étude impliqués et aux modes d'exploitation établis.

Plus précisément, chez les usagers de la première catégorie, une amélioration de la gestion didactique de ces ressources est visée et sert prioritairement la dévolution de l'étude et son exploration collective :

- le fait de disposer d'une ressource projetée annotable et identique à celle des élèves permet plus aisément de s'assurer de la compréhension par tous des consignes, de questionner la classe et d'apporter toute information complémentaire nécessaire. C'est aussi un moyen, jugé efficace, de donner aux élèves la possibilité de se repérer rapidement dans le travail en cours dans la classe. Les possibilités offertes par les LGD (aspect dynamique, etc...) permettent d'explorer collectivement une situation géométrique, d'assurer la dévolution des tâches mathématiques à accomplir ou encore de tester la validité d'une conjecture.
- les moments de correction apparaissent moins investis que les moments de présentation d'un travail à la classe. Le TBI est alors cantonné à un espace d'écriture. La

redondance fonctionnelle avec le tableau noir et les difficultés éprouvées dans la gestion de l'espace disponible expliquent cette sous-représentation orchestrative.

Chez les usagers de la seconde catégorie, un investissement plus global des différents moments de l'étude et un enrichissement des modes d'exploitation se dessinent :

- l'usage conjoint du TBI et d'un LGD et l'intégration de copies d'écran du LGD dans la synthèse permet d'assister les moments de correction d'un travail géométrique. Les potentialités spécifiques résident ici dans la possibilité de faire coexister et d'accompagner les changements et transitions, dans un même espace commun, entre différents points de vues, cadres et registres de représentations d'un même problème¹⁸. Plus globalement, les fonctionnalités illustratives de l'outil (schéma, etc...) tendent à outiller la gestion de ces moments de correction, les ressources à disposition dans l'environnement TBI étant vues comme moyen d'explorer différents chemins d'explication apportés aux élèves. Un des enseignants interviewés précise ainsi : *"si la correction, c'est juste donner le texte de correction, ça n'a pas beaucoup d'intérêt"* et relate un épisode concernant la correction d'un exercice de détermination du pourcentage d'augmentation à appliquer sur un prix diminué de 20% pour enrayer les effets de cette baisse : *"il (en parlant d'un élève) me disait : je suis d'accord avec tous les calculs, je pourrai refaire les calculs, si vous me demandez le pourcentage, je pense que je suis capable de le trouver mais je ne vois vraiment pas pourquoi ça fait ça. Tu vois genre de questions que tu ne discernes pas si tu restes sur la méthode experte du calcul. Ce que j'ai trouvé intéressant dans la réponse du tableau, tu fais un graphique, les 20% tu les remplis, c'est tout bête je trouve, mais c'est extrêmement simple et parlant, et c'est 20% tu les reportes 4 fois et puis voilà il m'a dit c'est bon, j'ai vu les 25%"*
- les moments d'institutionnalisation sont également plus aisément investis. Les modes d'exploitation décrits visent à impliquer la classe dans l'élaboration de l'institutionnalisation. Par exemple, les ressources intégrant la présence de "textes à trou" permettent une économie de l'écrit au tableau et évitent de limiter l'activité de l'élève au seul travail de recopie. La tâche d'annotation du tableau laissée à la charge des élèves permet ainsi à l'enseignant de gérer et contrôler l'activité dans la classe. Aussi, des éléments de texte déplaçables et à réorganiser par les élèves au tableau poursuivent les mêmes objectifs. Cependant, une tendance allant vers l'abandon de ces techniques, qualifiées de "rigide" et difficile à adapter aux besoins spécifiques des élèves apparaît au profit d'une institutionnalisation construite conjointement avec les élèves et manuscrite au TBI, jugée plus "flexible".
- Un schéma orchestratif exclusif de cette catégorie¹⁹, avec une part ostensive plus marquée dans le mode d'exploitation est repéré : il s'agit d'assister collectivement

18. Pour un éclairage de ces concepts et de l'articulation que nous en faisons dans notre travail, voir l'annexe H

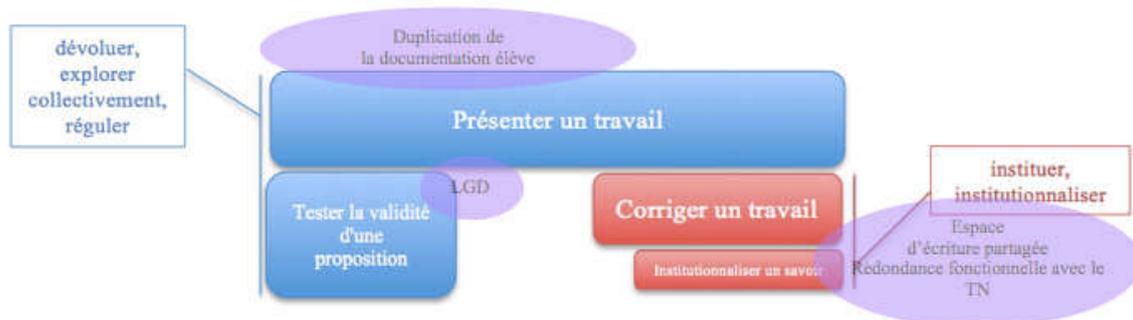
19. Mais observé uniquement chez un représentant de la catégorie

les genèses instrumentales des élèves d'outils institutionnels (LGD, tableurs, etc...). Cette construction collective d'une première expertise du maniement de ces outils est annoncée comme une réponse aux problèmes d'instrumentation rencontrés par les élèves et leur gestion individuelle par l'enseignant lors de séances conduites en salle informatique.

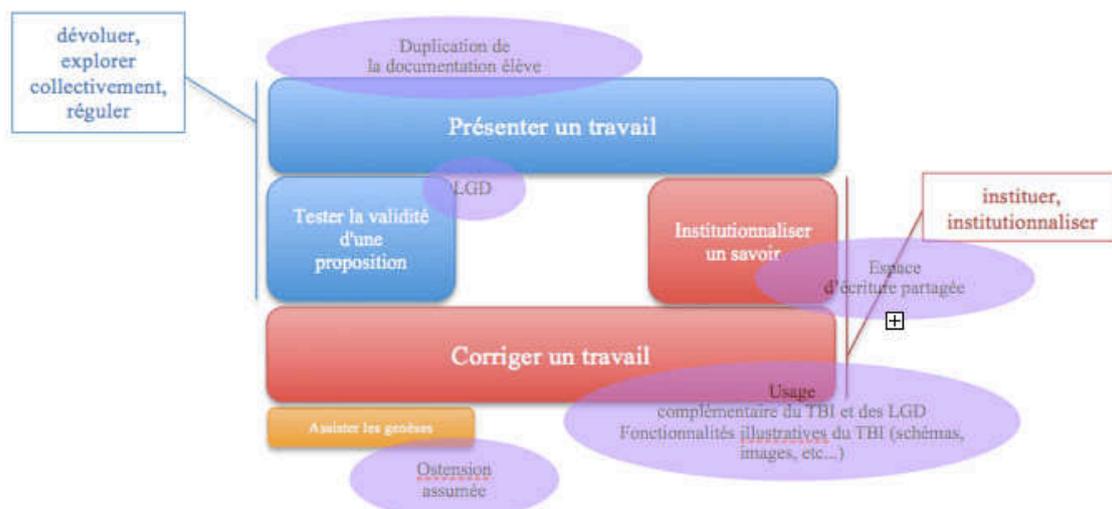
Enfin, la répartition catégorielle équitable d'un dernier schéma orchestratif impliquant l'usage d'un émulateur de calculatrice et une gestion didactique facilitée du travail conduit par les élèves sur leur propre calculatrice semble plus tenir de la disponibilité d'un tel éco-système dans la classe.

Les schémas ci-dessous synthétisent les moments de l'étude investis à partir des deux familles de ressources communes pour chacune des catégories

CATÉGORIE N° 1 DES USAGERS : MOMENTS DE L'ÉTUDE REPÉRÉS



CATÉGORIE N° 2 DES USAGERS : MOMENTS DE L'ÉTUDE REPÉRÉS



Qu'en est-il des autres ressources instrumentées par les usagers expérimentées ? Quels modes d'exploitation sont privilégiés ? Quels moments de l'étude ? Nous examinons dans la suite les ressources spécifiques de ces usagers et les schémas orchestratifs associés.

Exemples de représentants de la famille n°5	
	image non disponible
Constituée à partir d'une animation Flash disponible sur internet et illustrant les solides de Platon	Cette ressource comprend l'usage d'un logiciel tiers permettant d'effectuer un tirage au sort du nom des élèves.

Le tableau suivant présente les schémas orchestratifs repérés relatifs aux familles de ressources spécifiques de la catégorie 2.

Famille n°3 : ressources exploitant la trace écrite des élèves	
<i>Moment de l'étude</i>	ÉVALUER DES TRAVAUX D'ÉLÈVES
<i>Répartition catégorie n°2</i>	3/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle nécessite l'accès au préalable aux productions des élèves et leur incorporation dans une page du tableau. Les élèves sont disposés de façon à voir simultanément le TBI et le tableau noir.
<i>Mode d'exploitation</i>	Ce qui est projeté est le point de départ des discussions organisées par l'enseignant. Les élèves sont invités à expliquer leurs travaux. La synthèse des échanges est annotée au tableau (ou sur le tableau noir)
Famille n°4 : ressources simulant l'action du matériel à disposition des élèves	
<i>Moment de l'étude</i>	CONSTRUIRE DES GESTES GÉOMÉTRIQUES INSTRUMENTÉS DES ÉLÈVES
<i>Répartition catégorie n°2</i>	2/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'usage des instruments géométriques virtuels, et des élèves disposant de leur matériel de construction géométrique.
<i>Mode d'exploitation</i>	Le professeur dirige l'étude du tableau. Les gestes géométriques sont décrits et effectués dans l'environnement du logiciel. Il s'agit pour les élèves de reproduire au niveau individuel ces mêmes gestes.

<i>Moment de l'étude</i>	EXPLORER ET DÉBATTRE COLLECTIVEMENT DES ACTIONS SUR UN MILIEU MATÉRIEL
<i>Répartition catégorie n° 2</i>	2/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès à la ressource, son contrôle du tableau et des élèves disposant des mêmes éléments que ceux présents dans l'environnement du logiciel.
<i>Mode d'exploitation</i>	Un premier mode d'exploitation consiste en la présentation du milieu à la classe et des moyens d'actions sur celui-ci. Le professeur dirige l'étude. Le second mode d'exploitation consiste à rendre publiques les actions sur le milieu effectués par les élèves au préalable. Le point de départ est un élève dirigeant le tableau et interagissant avec le milieu.
Famille n°5 : autres types de ressources	
<i>Moment de l'étude</i>	DÉBATTRE ET CONSTRUIRE UNE TECHNIQUE MATHÉMATIQUE
<i>Répartition catégorie n° 2</i>	2/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès à la ressource, son contrôle du tableau et les fonctionnalités d'annotation du logiciel. Les élèves sont disposés de façon à suivre la présentation au tableau.
<i>Mode d'exploitation</i>	Le professeur dirige l'étude du tableau. Une animation est présentée à la classe reproduisant une technique mathématique (construction géométrique, algorithme d'exécution d'opérations posées, etc...). Le professeur contrôle l'avancée de l'animation et conduit un débat autour de la technique présentée et sa justification.
<i>Moment de l'étude</i>	DISTRIBUER LA PAROLE AUX ÉLÈVES
<i>Répartition catégorie n° 2</i>	1/3
<i>Configuration didactique</i>	Elle comprend l'accès au logiciel projeté à l'écran et son contrôle du tableau et des élèves disposés de façon à suivre ce qui se passe au tableau.
<i>Mode d'exploitation</i>	Le but poursuivi est la désignation par tirage au sort d'un élève, appelé ensuite à réaliser une tâche dans la classe. Une application sur le tableau désigne automatiquement un élève

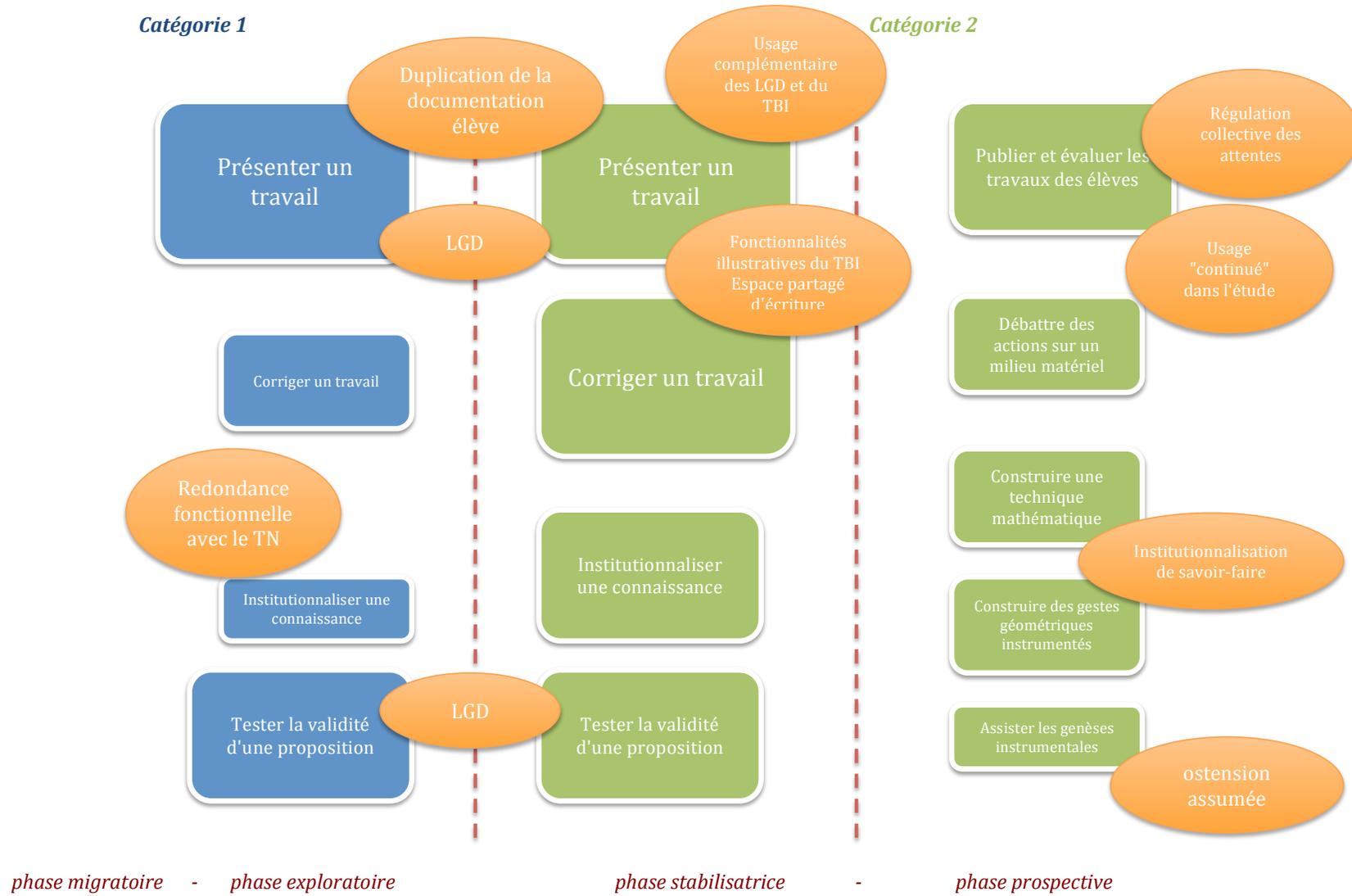
De nouvelles ressources viennent ainsi enrichir le paysage orchestratif des usagers expérimentés. Différentes tendances se dégagent clairement :

- *un enrichissement des modes d'exploitation d'une même ressource* : par exemple, en rendant accessible à tous des productions d'élèves, différentes intentions sont poursuivies : du simple examen d'un travail d'élève afin de fournir des éléments de correction à la classe, à l'étude de différentes productions choisies par l'enseignant pour débattre de la portée d'une technique ou institutionnaliser une nouvelle connaissance. La possibilité de conduire un travail sur des exigences rédactionnelles ou bien encore de réguler les attentes du professeur dans des travaux de type "narration de recherche" est également citée.
- *une recherche d'optimisation de ces modes d'exploitation dans la gestion du collectif* : en examinant par exemple plus finement le schéma orchestratif précédent, la nécessité pour le professeur de disposer des travaux des élèves en amont de l'étude pour construire la ressource est pointée (on parlera dans ce cas de publication asynchrone). En l'absence d'une telle disponibilité, différentes techniques permettant la publication de ces travaux de manière synchrone à l'étude sont mises en place : envoyer successivement des élèves au tableau rendre compte par écrit de leurs travaux et regrouper ces derniers sur une même page du tableau, charger un groupe d'élèves de travailler directement sur l'espace du tableau pendant que le reste de la classe conduit la même étude de sa place (à leurs bureaux) ou encore faire l'usage d'un appareil photo ou d'un scanner pour numériser les travaux des élèves et les publier au tableau. Ces techniques doivent composer avec certains écueils repérés : chronophage, potentiellement démobilisatrice (travaux rendus publics trop tôt dans le déroulement de l'étude) et problématique pour certains élèves (rendre publics des travaux privés) pour les premières, disponibilité d'un éco-système numérique ne se cantonnant pas au seul TBI et connaissances instrumentales associées pour la dernière technique envisagée.
- *la conception de ressources permettant de soutenir "continument" l'étude* : les ressources reproduisant virtuellement le milieu matériel à disposition des élèves et offrant la possibilité de simuler les moyens d'actions sur ce même milieu sont ainsi exploitées pour servir différents moments de l'étude. En permettant de présenter le milieu et les moyens d'actions sur celui-ci, ces ressources participent à la dévolution de la situation. Les actions des élèves sur le milieu peuvent être reproduites au tableau. Cette possibilité permet une régulation de l'étude, en accédant aux intentions que recouvrent ces actions, en les discutant collectivement et en rendant nécessaire leurs justifications. La possibilité d'annoter directement sur la ressource permet de lier *physiquement* la trace écrite de l'institutionnalisation et la ressource. La possibilité d'enregistrement de l'ensemble permet, quant à elle, de recontextualiser ultérieurement les connaissances construites en s'appuyant sur la ressource. La conception de telles ressources nécessite cependant des connaissances instrumentales fortes qui vont de pair avec la complexité du milieu matériel à reproduire et simuler.
- *l'utilisation de nouvelles ressources permettant d'élargir l'éventail des moments de*

l'étude impliquant le TBI : animations reproduisant une construction géométrique instrumentée, vidéos détaillant les étapes d'un algorithme de calcul posé sont des exemples de ressources mises à contribution dans les moments de construction et d'institutionnalisation d'une technique mathématique. Si la projection collective de ces savoir-faire semble recouvrir un potentiel monstratif fort, des précautions semblent prises dans les modes d'exploitation construits afin de ne pas limiter l'activité de l'élève à une reproduction mimétique de ce qui est vidéoprojeté : d'une part, la possibilité de pouvoir allier un geste, sa description et sa réalisation devant la classe est pointée. Cette potentialité est jugée particulièrement efficace pour accompagner les apprentissages instrumentaux. Ce ressenti des enseignants ne va d'ailleurs pas à l'encontre de différentes études (Goldin-Meadow and Beilock 2010; Goldin-Meadow and Iverson 1998) qui soulignent que les informations contenues dans les gestes de réalisation d'une technique présentée à des apprenants favorisent la reproduction au niveau individuel de ces mêmes gestes. D'autre part, ces ressources sont vues également comme pouvant constituer un point de départ d'un travail de justification mathématique des techniques données à voir à la classe.

Le schéma ci-dessous synthétise l'étude. Sont présentées les différentes phases du parcours instrumental et pour chacune d'elles, les principales orchestrations et moments de l'étude prenant place dans l'usage qui est alors fait de l'outil et leur importance relative constatée dans les propos des interviewés²⁰ (à travers la taille des rectangles du schéma). Le positionnement des catégories dans ce schéma rend compte des pratiques actuelles et installées de l'outil chez les enseignants suivis.

20. Autrement dit, leur taille correspond au taux d'usage déclaré de l'outil



Apparaît ainsi une première catégorie d'usagers pour laquelle l'outil TBI, récemment entré dans la classe, et utilisé de manière épisodique, vient soutenir des moments de l'étude que l'on pourrait, d'une certaine façon, qualifier de "naturalisés" (présenter un travail, corriger un travail, etc...) et ceci de manière segmentée. La difficulté, dans le discours de ces enseignants, de pouvoir raffiner ces différents moments et de spécifier le rôle attribué à l'outil, est fortement marquée, et ceci malgré la précaution prise de disposer d'enseignants chevronnés, capables *a priori* de porter un regard réflexif sur leurs pratiques professionnelles.

Le discours des enseignants de la seconde catégorie, plus expérimentés et faisant un usage quotidien de l'outil, permet d'entendre un raffinement dans les moments de l'étude impliquant l'usage du TBI, une inscription "continuée" du TBI dans une gestion collective de l'étude et une recherche d'optimisation dans cette gestion. Des spécificités internes, entre les usagers, existent cependant. Elles tiennent à la fois à la surreprésentation de certains moments de l'étude et aux modes d'exploitation établis. Le rapport entretenu avec les TUIC dans l'enseignement par les différents usagers et plus largement les connaissances et conceptions des professeurs sur les mathématiques et sur la manière de les enseigner, apparaissent participer de ces spécificités. En faisant intervenir cette dimension personnelle dans l'analyse, le paragraphe suivant permet d'affiner l'analyse du paysage orchestratif de l'outil TBI et d'éclairer certaines spécificités des usages et de leurs trajectoires.

6.3.3 Profils d'usagers et spécificités des usages

Dans la section suivante, nous examinons les spécificités des usages de l'outil TBI au regard des différents profils d'usagers et en particulier de leurs conceptions de l'enseignement des mathématiques et du rôle qu'ils assignent à la technologie. Ce travail est conduit pour chacune des deux catégories d'usagers.

Etude de la catégorie n° 2

Rappelons que les enseignants de cette catégorie sont des usagers expérimentés de l'outil, cumulant a minima plus de deux années d'une utilisation quotidienne. Ces trois enseignants considèrent le TBI, sans y voir une révolution, comme un outil présentant une plus-value dans leur enseignement par rapport à un dispositif de vidéo-projection qu'ils ont tous eu l'occasion d'utiliser par ailleurs. Autrement dit, il semble manifestement qu'il n'y ait pas, pour ces enseignants, de redondance fonctionnelle entre les éléments du système d'instruments "TBI-vidéoprojecteur". Aujourd'hui, un enseignement sans l'outil est une possibilité envisagée comme douloureuse par chacun²¹ et cela, même si l'activité de conception conduite par ces enseignants dans ce nouvel environnement est une activité jugée chronophage. Enfin, notons que c'est avant tout par attrait de la nouveauté que ces différents enseignants

21. En particulier, pour l'un d'entre eux cumulant la plus longue trajectoire d'usage de l'outil déclare que ce facteur a pesé dans ses demandes de mutation formulées cette année.

se sont engagés dans l'expérimentation de ce nouvel outil, dans la continuité de pratiques durablement installées des TUIC.

Une tension entre motivation et activité de l'élève à gérer chez Frédérique.

Enseignante de primaire, Frédérique affirme deux préoccupations fortes dans sa pratique professionnelle : veiller à dispenser un enseignement motivant pour les élèves et s'assurer de la mise en activité des élèves qu'elle veut "être capables de se saisir de leurs apprentissages". Cela se traduit en particulier dans sa pratique par la nécessité d'un travail en classe "coopératif" et "collaboratif"²². Les potentialités illustratives de l'outil et l'usage spécifique de logiciels tiers dont la vocation n'est pas directement disciplinaire (chronomètre numérique, tirage au sort numérique des élèves, etc...) alimentent cet enjeu de motivation et correspondent chez cette enseignante à des moyens d'action pour maintenir une certaine forme d'attention des élèves dans l'engagement des tâches d'apprentissage qu'elle propose²³. Cet usage de l'outil s'accompagne cependant d'écueils sur l'activité des élèves : *"oui, je l'ai bien mesuré, pas tout de suite [...] Je dirai que mes élèves devenaient passifs, ils avaient toujours très envie de venir au tableau, ils levaient le doigt pour venir au tableau, mais face aux apprentissages, il y avait un côté où l'enfant disait ça va arriver, ça va m'arriver, parce que la maitresse va sortir de son chapeau quelque chose de nouveau, et puis que j'aurai plus besoin de réfléchir"*. Cette recherche d'équilibre entre motivation et partage des responsabilités entre l'enseignant et les élèves dans les tâches d'apprentissage demeure encore d'actualité.

Une tendance ostensive assumée en réponse à des problèmes spécifiques chez Murielle

Enseignante au collège, Murielle entame cette rentrée scolaire une huitième année d'utilisation quotidienne de l'outil TBI. L'usage des TUIC, et notamment des logiciels institutionnellement plébiscités est une pratique durablement installée chez cette enseignante convaincue de l'intérêt qu'ils présentent dans son enseignement. L'arrivée du TBI a d'ailleurs permis de naturaliser le recours à de tels logiciels. Ils peuvent aujourd'hui venir, en fonction des besoins, parfois non prévus, enrichir l'étude. Contrairement à Frédérique, le TBI n'est pas vu comme un vecteur de motivation des élèves et globalement, dans la pratique de cette enseignante, l'outil est présenté comme d'abord pour l'enseignant. Ces sont des arguments de confort (libérée de contraintes matérielles : livres, etc... - possibilité d'annotation directe sur différents supports - gestion de l'attention des élèves, etc...) qui priment et qui ont pour

22. Frédérique a eu l'occasion de travailler, très tôt dans sa carrière, aux côtés de didacticiens des mathématiques, au sein d'un dispositif spécifique, le COREM (Centre de Recherche pour l'Enseignement des Mathématiques) et dit en avoir retiré une sensibilité forte au travail collaboratif et coopératif

23. Frédérique déclare par exemple : *"je me suis rendu compte que les enfants étaient très attirés par l'image, donc, par le tableau, plus que par un tableau ordinaire. Donc on a tout de suite envie quand on se rend compte de cela de créer des surprises qui font que les enfants sont encore plus captés"*

visé une amélioration de la gestion du collectif. Usage des TUIC, confort d'enseignement et meilleure gestion du collectif orientent ainsi en partie la construction du paysage orchestratif de l'outil. L'intersection de ces trois tendances nourrissent l'apparition de nouvelles formes orchestratives marquées par l'ostension, le TBI étant par exemple utilisé à des fins de démonstrations des fonctionnalités des logiciels. Et même si ces usages spécifiques développés par cette enseignante sont jugés comme pouvant être problématiques, ils répondent d'une part à des arguments de confort résistants : *"il faut aller en salle multimédia, il faut se déplacer alors que c'est tellement confortable de rester dans la salle. C'est là la limite du truc mais bon"*. Ils sont d'autre part vus comme une réponse au caractère problématique de la gestion de la co-construction des connaissances instrumentales et mathématiques que posent ces environnements logiciels dans des configurations d'usage en salle multimédia. : *"je n'envisage pas d'emmener des élèves en salle multimédia utiliser un outil tableur ou LGD si je ne leur ai jamais montré avant"*

Des choix didactiques pesant sur la construction du paysage orchestratif chez Bernard.

Utilisateur de l'outil depuis deux années, Bernard est membre d'un groupe académique chargé de promouvoir l'usage des TUIC dans l'enseignement des mathématiques. C'est un usage raisonné des TUIC, qui doit nécessairement viser des apprentissages mathématiques que Bernard veut proposer dans son enseignement²⁴. Plus largement, l'apprentissage pour cet enseignant se réalise en situation de résolution de problème, et un schéma réglé : la dévolution du problème se faisant à la fois à chacun des élèves qui doit, seul, se mettre à la tâche, et à l'ensemble des élèves dont les échanges, les explications, les argumentations permettent aux uns et aux autres d'affiner leur raisonnement et au groupe de produire des hypothèses et des réponses auxquelles chaque élève, pris individuellement, n'aurait pas eu accès. Contrairement à Murielle, le TBI est vu comme un espace partagé entre le professeur et les élèves et son intégration dans la classe ne doit pas être synonyme de pratiques ostensives. La construction du paysage orchestratif de l'outil se fait ainsi chez Bernard en soutien de pratiques professionnelles éprouvées et questionnées sous l'angle de la pertinence pédagogique. Ce processus est en particulier visible dans le discours de cet enseignant avec le passage en revue et l'attribution de fonctionnalités didactiques aux différents outils présents dans l'interface du logiciel du tableau. Les apports identifiés relèvent de différents ordres : un amélioration de la gestion de certains moments d'apprentissage (la possibilité de garder la trace du travail de l'élève est rapprochée d'une gestion améliorée des moments de synthèse), un apprentissage facilité de certains concepts (l'usage conjoint du TBI et des LGD est rapprochée des possibilités offertes de changements de cadres, et de conversion de registres de représentation de concepts enseignés), ou encore des possibilités augmentées

24. En parlant de la pratique d'un collègue, il déclare que *"la personne était persuadée d'avoir fait un truc super, en fait, il a fait de la technique info pendant une heure mais pédagogiquement ça ne tenait pas la route"*

de répondre favorablement à une prescription institutionnelle de "travail dans le réel". Ce processus de construction reste long ("*au début, je ne savais pas trop ce que j'allais bien pouvoir en faire*") et disqualifie pour l'heure certains schémas orchestratifs ou encore certaines ressources : par exemple, la possibilité de projection de certains savoir-faire au TBI est regardée avec précaution par Bernard, faire des mathématiques ne devant, pour lui, ne pas limiter à la reproduction de mimétisme.

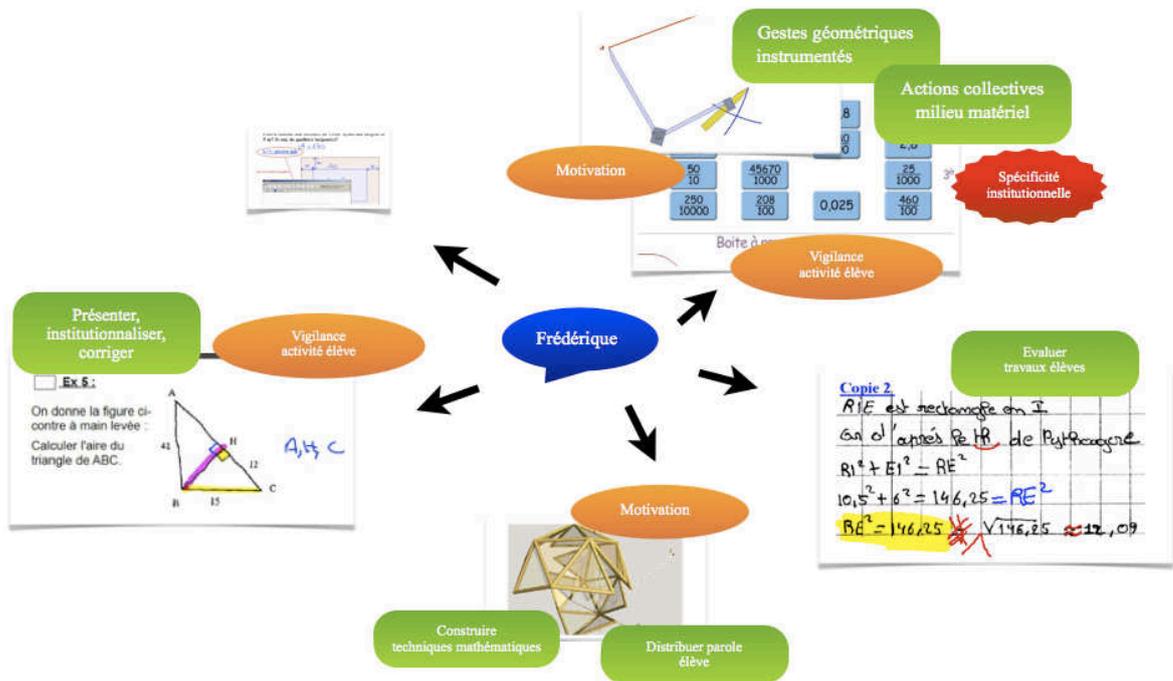
Des spécificités orchestratives attachées aux institutions

Des spécificités institutionnelles relevant à la fois des savoirs enseignés et des démarches pédagogiques utilisées apparaissent favoriser le développement de certains schémas orchestratifs et l'usage de ressources dans l'une et l'autre des institutions. Dans l'institution primaire, les schémas orchestratifs impliquant la numérisation des travaux d'élèves s'inscrivent dans la continuité de pratiques prenant appui sur l'utilisation d'affichage devant la classe de productions d'élèves. Ces schémas orchestratifs sont surreprésentés dans la pratique de Frédérique et les différents modes d'exploitation qu'elle décrit sont plus élaborés. De la même manière, les ressources dupliquant virtuellement le milieu matériel à disposition des élèves font écho au matériel collectif utilisé fréquemment à ce niveau d'enseignement. Du côté des savoirs enseignés, l'usage des instruments virtuels de géométrie correspond à la construction de compétences, à ce niveau d'enseignement, dans l'usage des instruments de géométrie. Sans être disqualifiés dans l'institution secondaire, ces instruments sont moins utilisés (en parlant de ces instruments, Murielle déclare : "*au collège, on a quand même moins besoin de revenir sur ça*") et se cantonne à l'utilisation du rapporteur virtuel.

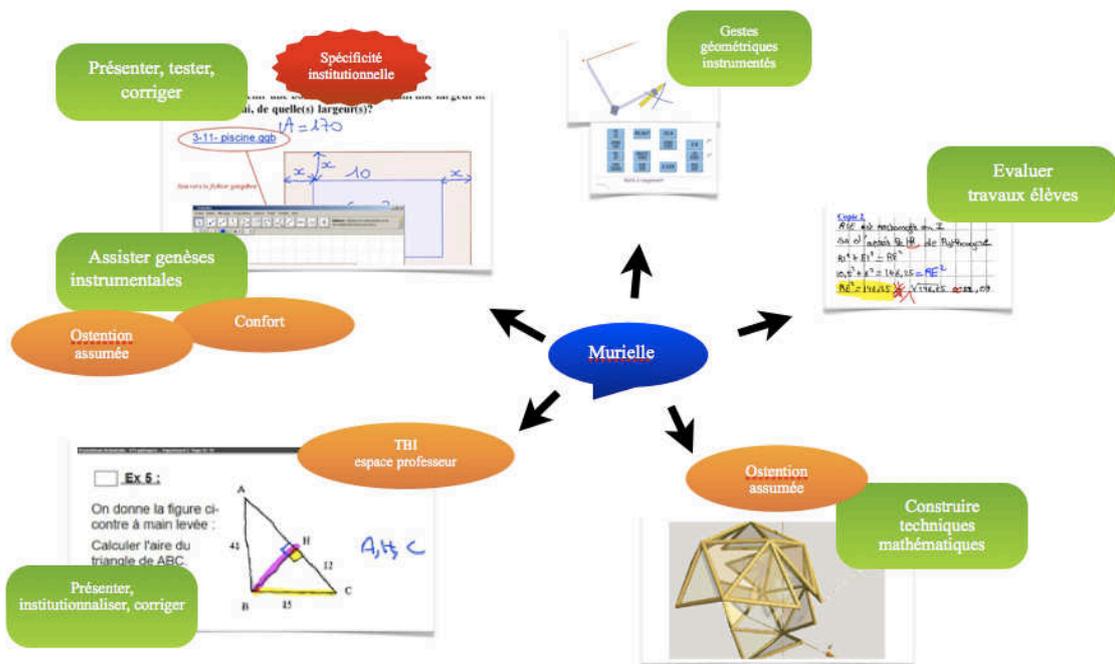
Les schémas orchestratifs utilisant les LGD (et autres logiciels institutionnels) trouvent en revanche une place de choix dans l'institution secondaire. Ils s'inscrivent dans la continuité de pratique intégrant les TUIC et correspondent à une commande institutionnelle forte.

Nous résumons ces trois profils dans les tableaux ci-dessous. Dans ces tableaux, les exemples de ressources illustrant les différentes familles sont issus des ressources propres des enseignants de cette catégorie²⁵. Leur taille rend compte de l'importance relative accordée dans la pratique de chacun des enseignants. Les ellipses présentes sur ces schémas rendent compte des principaux éléments avancés par les enseignants pour justifier de l'intérêt qu'ils entretenaient dans l'usage de ces différentes familles de ressources.

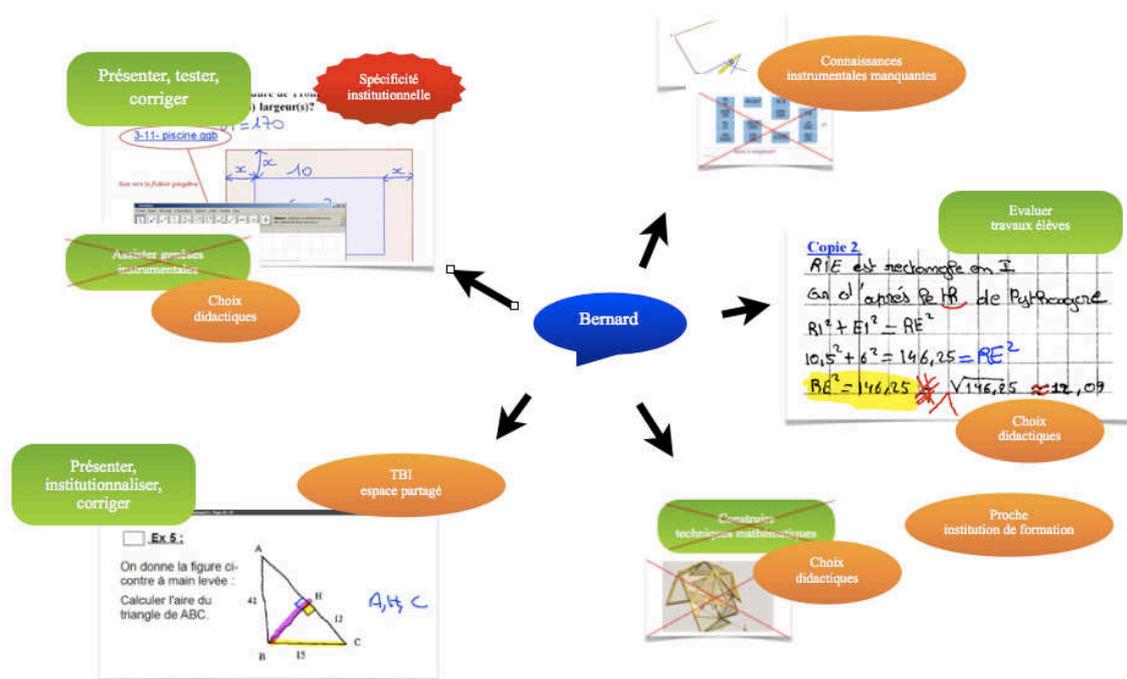
25. Certaines nous ont été donné à voir lors des entretiens pour illustrer les propos tenus



UNE TENSION ENTRE MOTIVATION ET ACTIVITÉ DE L'ÉLÈVE À GÉRER CHEZ FRÉDÉRIQUE



UNE TENDANCE OSTENSIVE ASSUMÉE EN RÉPONSE À DES PROBLÈMES SPÉCIFIQUES CHEZ MURIELLE



DES CHOIX DIDACTIQUES PESANT SUR LA CONSTRUCTION DU PAYSAGE ORCHESTRATIF CHEZ BERNARD.

Etude de la catégorie 1

Rappelons que les enseignants issus de cette catégorie sont des usagers occasionnels de l'outil et n'en disposent pas à demeure dans leur classe. La pratique des TUIC est par ailleurs durablement installée dans leur enseignement. A l'instar de la catégorie précédente, c'est d'abord par attrait de la nouveauté qu'ils se sont engagés dans l'expérimentation du TBI. De manière générale, et contrairement à la catégorie précédente, les spécificités internes restent plus difficiles à déceler dans un paysage orchestratif plus restreint. Ce sont plutôt du côté des perspectives d'usage de l'outil que certaines différences apparaissent.

Des schémas orchestratifs émergents jugés trop chronophages au regard du contenu des programmes d'enseignement pour Danièle et Jean-Charles

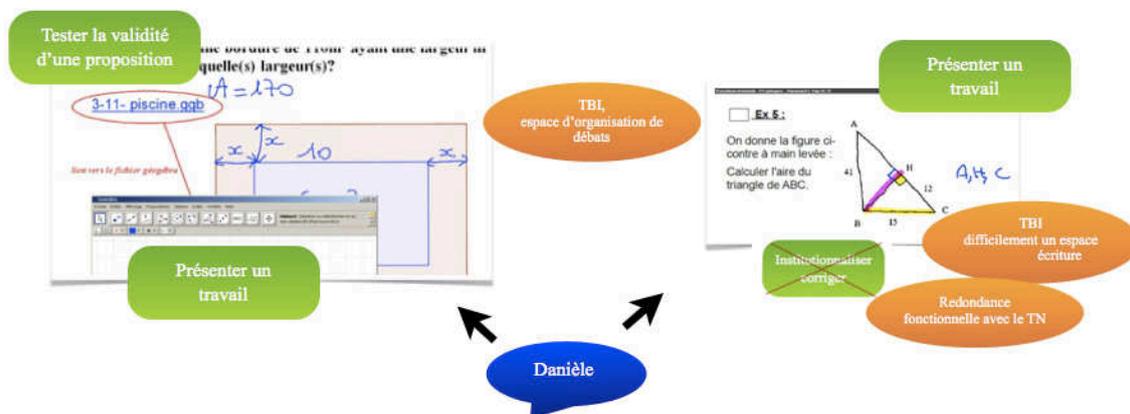
Danièle et Jean Charles sont deux enseignants expérimentés travaillant au lycée. L'utilisation du TBI est cantonné à des domaines d'étude dans lesquels l'usage des TUIC est d'ores et déjà installé dans leurs pratiques (géométrie, etc...) et aux possibilités d'expérimentation et de production de conjectures que les logiciels institutionnels offrent. Cette utilisation est également plutôt réservée à des niveaux d'enseignement dans lesquels la tension entre temps d'enseignement et contenus des programmes est la moins marquée²⁶. Des différences existent cependant dans les perspectives d'usage de l'outil. Pour Jean-Charles, l'institutionnalisation de connaissances et leur présentation devant la classe via l'outil est une potentialité repérée de l'outil. Pour Danièle, en revanche, engagée dans la formation des fonctionnaires stagiaires

26. La classe de terminale scientifique est par exemple jugée peu propice à accueillir l'outil TBI.

depuis de nombreuses années²⁷, cette perspective n'est pas privilégiée, et ce sont les possibilités de mise en scène de débats en classe autour des ressources visibles à l'écran qui sont appréciées.

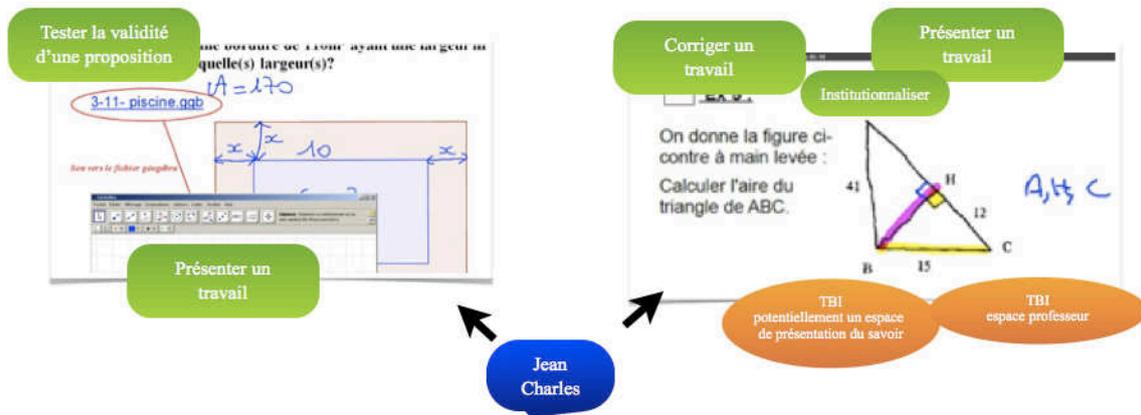
Un outil au service de l'engagement des élèves dans l'étude pour Christophe

Christophe, quant à lui, est un enseignant expérimenté en lycée professionnel. Si à l'instar de ces collègues, le domaine géométrique trouve une place de choix dans les usages de l'outil, le TBI est également impliqué dans la gestion des moments de synthèse : " quand il s'agit de faire des synthèses, je peux préparer des phrases soit avec des groupes de mots qu'ils doivent remettre dans l'ordre, soit des phrases avec uniquement des mots et ils doivent construire la phrase". De manière plus générale, il semble que la trajectoire orchestrative empruntée par Christophe soit en partie dirigée par des problèmes spécifiques liés au niveau d'enseignement²⁸ dont il a la charge, le TBI s'élevant comme moyen de réponse à des difficultés de centration de l'activité de la classe et de disponibilité des élèves à suivre l'étude (utilisation d'animations géométriques pour centrer l'attention de la classe, sauvegarde du travail conduit en classe pour le remobiliser plus rapidement les séances suivantes). Nous résumons ces trois profils dans les tableaux ci-dessous.

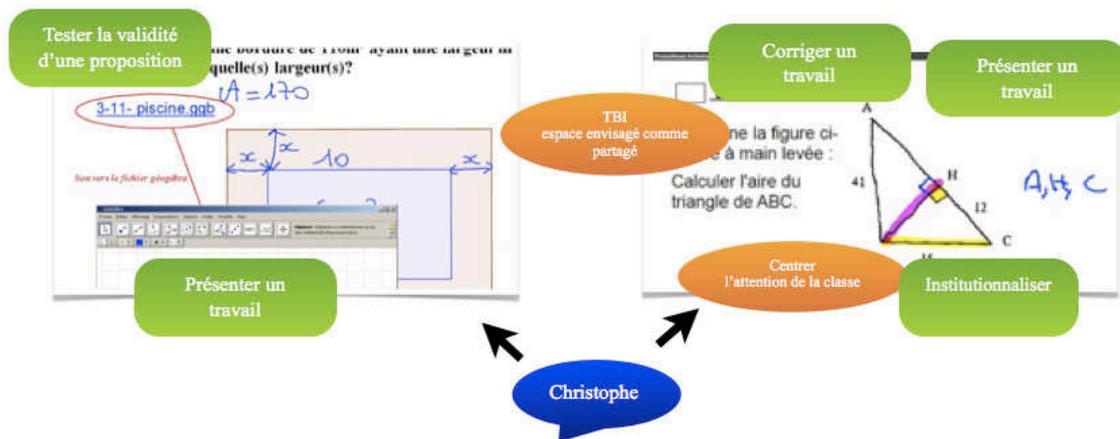


27. De ce point de vue, sa conception de l'enseignement des mathématiques est à rapprocher de celle de Bernard.

28. Christophe enseigne principalement cette année au niveau CAP.



DES SCHÉMAS ORCHESTRATIFS ÉMERGENTS JUGÉS TROP CHRONOPHAGES AU REGARD DU CONTENU DES PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT POUR DANIELÈ ET JEAN-CHARLES



UN OUTIL AU SERVICE DE L'ENGAGEMENT DES ÉLÈVES DANS L'ÉTUDE POUR CHRISTOPHE

Interactions entre dimension instrumentale, orchestrative et personnelle

L'étude comparée des utilisateurs confirmés et occasionnels de l'outil TBI souligne d'abord une dépendance marquée entre connaissances instrumentales et paysage orchestratif : en l'absence d'une réelle expertise instrumentale, les usagers occasionnels de l'outil restent cantonnés à un paysage orchestratif peu étoffé, prenant principalement appui sur des logiciels antérieurement présents dans les pratiques et outillant la dévolution collective des tâches mathématiques. La dimension personnelle ne semble que faiblement peser sur la construction de ce premier mouvement commun, les usagers de l'outil devant d'abord s'affranchir des problèmes instrumentaux rencontrés. L'entrée dans la catégorie des usagers expérimentés s'accompagne de la constitution d'un paysage orchestratif plus fourni. L'aisance instrumentale acquise offre un espace de liberté plus grand dans l'activité de conception des enseignants. La dimension personnelle apparaît alors investir cet espace et nourrir certaines

spécificités orchestratives, spécificités qui relèvent également des institutions fréquentées par les usagers.

6.4 Bilan de l'étude et perspectives.

6.4.1 Bilan

Nous résumons dans cette section les principaux résultats mis à jour et dressons un rapport d'étape de l'étude. Les perspectives de poursuite au regard des nouvelles interrogations posées sont ensuite examinées.

Des trajectoires d'usage de l'outil qui tiennent compte des écueils potentiels du monstratif.

- Si les premières fonctionnalités de l'outil sont repérées comme pouvant favorablement outiller une tendance vers plus de collectif dans la classe, l'inflexion vers un resserrement du spectre des pratiques, investissant les potentialités monstratives de l'outil n'apparaît pas un passage obligé²⁹. L'arrivée du TBI n'est pas synonyme de l'introduction dans les pratiques d'une faune de logiciels tournée vers la communication du savoir³⁰, ceci constitue une première distinction avec la situation anglo-saxonne décrite dans la littérature. Différentes tendances semblent par ailleurs s'installer progressivement : une recherche d'optimisation de la gestion des moments de collectif, une recherche d'inscription de l'outil dans un éventail large de moments de l'étude³¹ et un aménagement de plans de travail individuels des élèves qui leurs préservent une activité cognitive en dehors des seuls moments conduit collectivement avec l'outil.
- De ce point de vue, et même s'il on pouvait quelque peu s'y attendre, le positionnement institutionnel du TBI comme catalyseur de changement dans les pratiques - rendre les élèves plus actifs, convaincre les enseignants de s'engager dans de nouvelles attitudes, etc... - relève plus volontiers de l'ordre de l'incantation. Plutôt que des vertus intrinsèques du TBI invoquées sans autre forme de justification, c'est une recherche d'équilibre entre potentialités illustratives de l'outil et activité des élèves qui est à l'oeuvre dans les trajectoires d'usage des enseignants. Laissée à la charge des enseignants, exigeant une certaine forme de créativité, cette recherche d'équilibre, une fois trouvée, emporte la conviction forte des utilisateurs de l'intérêt d'un tel outil dans leurs pratiques.

29. Tout du moins, pour des enseignants qui disposaient par ailleurs d'autres formes de stratégies d'enseignement, la sensibilité des enseignants suivis aux écueils de telles pratiques exclusives semblent constituer un rempart suffisant.

30. Tels que des logiciels de présentation (PowerPoint, Impress,...)

31. En particulier, qui ne se résument pas à des activités d'introduction comme le suggéraient certains premiers travaux français

Des problèmes instrumentaux faisant obstacle à la diversité.

- Trajectoire instrumentale et trajectoire orchestrative apparaissent fortement corrélées. En particulier, le processus migratoire d'anciennes ressources dans ce nouvel environnement, s'opérant dans les premiers temps d'usage, s'accompagne de problèmes instrumentaux à régler (place disponible, gestion de l'écriture, etc...). La co-existence du TBI et du tableau dans la classe et la gestion de leur complémentarité apparaît une nécessité pour accompagner ce premier processus. Cette nécessité se heurte cependant à des stratégies d'équipements d'établissement parfois orthogonales³².
- La créativité des enseignants convoquée dans le règlement de ces premières difficultés et le degré d'expertise instrumentale qu'elle exige ne semblent pas compatibles avec une utilisation occasionnelle de l'outil (là encore, le choix de ne pas équiper les enseignants à demeure dans leurs classe et de proposer des salles partagées et dédiées à l'outil est à questionner).

Créativité et soutien institutionnel

- Cette capacité de créativité des enseignants, qui, même si la situation n'est pas idéale, se confirme à la fois dans la conception des ressources et dans leurs modes d'exploitation en classe, interroge les moyens à mettre à disposition des enseignants pour la soutenir et l'orienter. Dans un paysage institutionnel de formation qualifié largement de déficitaire, la question des ressources institutionnelles existantes pour accompagner cette créativité se pose. Si la question est de savoir quelles nouvelles connaissances et pratiques enseignantes peuvent émerger de ces ressources, les ressources existantes constituent au mieux, pour l'ensemble des enseignants suivis, une possibilité, à travers l'examen des techniques employées pour leur conception, d'actualiser leurs connaissances sur les possibilités techniques de l'outil : d'une part, la rareté des bases de données existantes est unanimement soulignée et lorsque que la consultation de ces bases est effective, les scénarios susceptibles d'être exploités obligent à des adaptations pour s'inscrire dans le projet précis d'enseignement des professeurs. Ces modifications nécessaires sont souvent plus coûteuses que la conception de scénarios dans leur intégralité. D'autre part, plus qu'un espace de partage de scénarios d'usage de l'outil, c'est un espace de partage d'idées, permettant d'alimenter la réflexion sur la manière dont cet outil est susceptible d'intégrer efficacement l'enseignement des mathématiques qui est souhaité par les usagers. Cet espace est jugé manquant dans les sources documentaires existantes.

L'activité de conception de ressources est ainsi reléguée pour l'essentiel à la charge des enseignants et se heurte à des problèmes instrumentaux susceptibles de faire obstacle au développement de la diversité des usages.

32. Le TBI vient purement et simplement remplacer l'ancien tableau.

- Notons enfin que les pratiques de partage de ressources entre membres d'une même équipe d'enseignants sont encore très peu répandues. Ce phénomène est particulièrement visible dans le second degré, avec des structures d'enseignement traditionnellement plus grandes que celles du premier degré, et nécessairement moins intimistes. Mais au delà de cette raison structurelle, un autre argument est avancé et tient au fait que la mise à disposition du travail de conception et des ressources construites est vécue comme une intrusion dans l'intimité du travail du professeur dans la classe. Les pratiques de partage apparaissent cependant mieux acceptées dans l'institution primaire et les raisons avancées tiennent principalement à l'ampleur de la tâche de conception qu'exige l'intégration du TBI dans une journée de classe.

Adaptations spontanées, adaptations ultérieures et spécificités institutionnelles

- Les adaptations spontanées de l'outil apparaissent suivre un mouvement commun consistant en la migration de ressources existantes dans ce nouvel environnement et outillant des moments de l'étude naturalisés (présentation d'un travail, conduite de sa correction, etc...). Des spécificités institutionnelles existent cependant mais tiennent plus de la particularité des ressources utilisées dans l'une et l'autre des institutions : au sein de l'institution secondaire, dans laquelle l'usage des LGD et tableurs relève du discours injonctif, et pour des enseignants qui s'y conformeraient, de tels logiciels trouvent un terrain favorable d'accueil au sein du TBI, offrant un contrôle plus aisé au tableau et des possibilités nouvelles d'annotation de ces supports. Dans l'institution primaire, les mathématiques ne semblent pas bénéficier des premiers usages construits de l'outil, ceci au profit de disciplines dans lesquelles l'usage du vidéo-projecteur était en amont installé. Les premières adaptations spontanées en mathématiques dans cette institution consistent plutôt à investir les potentialités de visualisation collective pour présenter et animer les activités conduites antérieurement en classe. De ce point de vue, l'interface du logiciel facilitant l'accès aux fonctionnalités illustratives (projection, annotation, etc...) n'est pas sans influencer cette première exploration.
- Les adaptations ultérieures de l'outil apparaissent suivre dans l'une et l'autre des institutions une trajectoire commune, tout du moins dans les intentions. Elles consistent, en revisitant des pratiques anciennement installées, à trouver des niches d'usage aux différentes fonctionnalités de l'outil. Il s'agit de tendre vers un élargissement des moments de l'étude impliquant le TBI et une amélioration de leur gestion collective. Cette revisite des pratiques s'accompagne d'une certaine forme de spécificité des ressources dans l'une et l'autre des institutions. Sans être exclusives, les ressources impliquant l'usage de LGD sont sur-représentées dans le secondaire, les ressources impliquant la numérisation des travaux d'élèves ou encore celles dupliquant le milieu matériel des élèves trouvent quant à elle une place de choix dans l'institution primaire. Ces res-

sources convoquent des besoins instrumentaux différents. En particulier, le coût lié à la conception de ces ressources (dépendant de l'expertise instrumentale de l'enseignant et correspondant à un temps nouveau et nécessaire dans le travail de préparation de l'enseignant, en particulier dès lors que la ressource TBI construite diffère des ressources élaborées pour la classe) et le coût de manipulation de ces mêmes ressources devant la classe (maîtrise et facilité d'accès des fonctionnalités de l'outil TBI impliquées dans l'usage des ressources) sont deux composantes constitutives de ce que nous dénommons le *coût instrumental* des ressources. Ce *coût instrumental* participe de la construction de la diversité dans cette revisite des pratiques avec l'outil.

Des schémas orchestratifs qui soulèvent des questions

C'est en premier lieu l'absence de certains schémas orchestratifs que cette étude permet de mettre à jour et de questionner :

- D'une part, l'absence de configurations didactiques impliquant l'usage conjoint du TBI et d'ordinateurs personnels s'explique en partie par la non disponibilité d'un tel éco-système numérique dans les établissements. Lorsque cet éco-système est tout de même présent (ce qui est le cas chez un des enseignants suivis) il n'est pas fait mention de son exploitation. En particulier, les possibilités du TBI de gestion des phases collectives dans des séances TUIC conduites en salle informatique (lesquelles semblent précisément souffrir du manque de telles phases collectives (Vandebrouck, ?)) ne sont pas investies. Plus généralement, les interactions qui pourraient possiblement exister entre le travail conduit en salle informatique et sa reprise en salle de classe avec l'outil TBI sont faiblement évoquées. Lorsqu'elles le sont, c'est au profit de la construction d'une première expertise instrumentale des élèves dans l'usage des logiciels. Cette construction, conduite en classe et outillée par les potentialités illustratives de l'outil TBI, a pour fonction de minimiser les problèmes instrumentaux des élèves en salle informatique.
- Aussi, les possibilités du dispositif, à travers la mise à disposition de ressources de tout ordre (images, textes, animations, etc...) et les possibilités de navigation entre ces ressources (retour en arrière, étape supplémentaire dans l'étude, etc...), ne semblent soutenir que faiblement le passage d'un déroulement *linéaire* de l'étude à un déroulement *séquentiel* de celle-ci : les schémas orchestratifs décrits proposent globalement une visite linéaire de l'étude, la conception et l'usage de ressources supplémentaires qui pourraient venir différencier les chemins possibles de cette visite, en fonction des besoins repérés d'élèves, est absente. La nécessaire anticipation des besoins dès la conception des ressources et le *coût instrumental* engendré semblent susceptibles d'expliquer en partie l'absence de telles trajectoires d'usage. Seul l'utilisation des LGD est mentionné en ce sens de manière isolé. Les possibilités de navigation du TBI sont en revanche plus systématiquement utilisées pour rythmer l'avancé de l'étude (en per-

mettant un contrôle par l'enseignant de ce qui est dévoilé à la classe et à quel moment cela se produit)

- Enfin, si les ressources illustratives de l'outil sont vues comme permettant d'ancrer le "travail mathématique de la classe dans le réel", les exemples fournis se cantonnent à l'habillage des problèmes mathématiques (images illustratives d'une situation, etc...) et constituent une réponse a minima à l'injonction institutionnelle de "développer la capacité à utiliser les outils mathématiques dans différents domaines (vie courante, autres disciplines)". En particulier, les possibilités de mise en exergue de l'écologie d'une notion mathématique à partir de l'examen illustré de domaines de la vie courante (pour lesquels le questionnement serait susceptible de faire émerger, parmi des situations qui paraissent a priori différentes, des points communs) au service d'une problématisation de l'étude ne sont pas investies.

En second lieu, certains schémas orchestratifs émergents dans l'une et l'autre des institutions soulèvent des premières questions :

- Dans l'institution secondaire, l'usage conjoint du TBI et des LGD apparaît pouvoir accompagner l'étude de problèmes géométriques : leur exploration, la formulation de conjectures ainsi que les nécessaires changements de points de vues, cadres et registres de représentation d'un même problème. Ce sont les possibilités de susciter des questions et développer des activités de mathématisation, de motiver des généralisation ou bien encore d'engager l'étude de problèmes plus complexes qui sont exploitées³³. Si ces schémas orchestratifs émergents accompagne l'entrée dans la classe de problèmes géométriques à certains égards renouvelés, ce mouvement est décrit comme se faisant parfois au détriment de l'étude de ces problèmes qui pouvait exister par ailleurs dans d'autres configurations telles que celles en salle informatique, sur laquelle pèsent diverses contraintes (disponibilité, continuité de l'enseignement, gestion de l'accompagnement des élèves dans l'instrumentation des logiciels, etc...). Ce changement d'habitat des situations, de la salle informatique vers la classe, n'est pas sans questionner les conséquences sur l'activité mathématique et instrumentée résiduelle des élèves. L'arrivée du TBI comme levier d'introduction des TUIC dans les pratiques est une attente institutionnelle qui gagnerait ainsi à être nuancée.
- Dans l'institution primaire, un enseignement par adaptation, organisé à partir des actions des élèves sur un milieu matériel - antagoniste par le biais des rétroactions que certaines de ces actions renvoient - et engageant les élèves dans une dialectique - formulation, validation - aboutissant progressivement à la transformation et la construction

33. Notons ainsi que l'intégration des LGD au sein de ce nouvel éco-système semble profiter en premier lieu à une catégorie de situations d'apprentissage, celles exploitant le potentiel pragmatique des TUIC. Ce mouvement semble se faire au détriment du développement de situations d'apprentissage issues de l'usage de la technologie elle-même, exploitant en particulier les nouveaux besoins de connaissance résultant de la transposition informatique, situations d'apprentissage par ailleurs déjà sous-représentées dans la littérature pédagogique existante (Artigue).

de connaissances partagées, est susceptible d'appeler la conception coûteuse de ressources reproduisant les conditions d'action sur le milieu matériel à disposition des élèves. La question de la gestion de la complémentarité de ces ressources avec le milieu dans lequel opèrent les élèves se pose. Cette tendance orchestrative s'accompagne-t-elle d'un appauvrissement du matériel à disposition des élèves ? Quelle prise en compte est faite de cette interaction de lieux de l'activité cognitive des élèves ?

Dans l'enseignement secondaire, ce type d'enseignement est généralement moins en place. L'examen des schémas orchestratifs ambiants souligne que cette trajectoire d'usage de l'outil reste timidement investie. Seul le domaine géométrique apparaît, en investissant les logiciels de géométrie dynamique dans ce nouvel environnement, susceptible de transformer ce média TBI en milieu d'accueil de "rétroactions". La question est alors de savoir à quelles conditions l'arrivée du TBI pourrait s'ériger en vecteur de diffusion de telles pratiques ? Au delà du fait que la construction d'un milieu pour la résolution de l'équation $\ln(x + 1) + \ln(x - 5) = \ln(x + 4)(x - 2)$ apparaît plus difficilement concevable que celle d'un milieu constitué d'un puzzle³⁴, la reconnaissance de patterns et leur expression algébrique, des tâches fonctionnelles convoquant une activité de modélisation ou encore le domaine émergent des statistiques et des probabilités permettraient aussi un tel milieu. L'examen des ressources existantes conduit dans un précédent chapitre souligne par ailleurs l'existence de telles possibilités.

- De manière plus générale, l'entrée dans un usage moins rudimentaire de l'outil semble accompagner la construction d'un paysage orchestratif marquant une distinction entre les ressources portées par l'outil et celles construites en direction des élèves. Quelle gestion est-elle faite, dans ce cas, de la trace du travail conduit dans ce nouvel environnement ? Comment est pensée la restitution des connaissances construites ?

Ces interrogations font écho à une autre tendance orchestrative de l'outil, vers une poussée de la gestion du collectif et la question d'un équilibrage à trouver entre plan de travail collectif et plan de travail individuel des élèves. En sachant qu'un temps long semble d'ores et déjà consacré au collectif dans les pratiques débutantes des professeurs des écoles (en particulier, l'idée que l'avancé du collectif classe n'est pas nécessairement synonyme de l'avancé de l'apprentissage de chacun des élèves est difficile d'accès), le TBI ne risque-t'il pas d'accentuer une telle tendance ? Ces risques potentiels ne sont-ils pas plus prégnants dans un institution primaire dans laquelle le

34. Un exemple emblématique illustre ce type d'enseignement. On dévolue aux élèves la responsabilité de la résolution de la tâche problématique suivante : agrandir les pièces d'un puzzle de manière à ce qu'un côté de longueur initiale 4 cm soit agrandi en un côté de 7 cm. Au sein de la première de ces dialectiques, à partir des actions et des rétroactions sur le milieu matériel (mais qui peut être aussi social, réel ou évoqué) les élèves ajustent leurs connaissances afin de parvenir à la stratégie leur apparaissant la plus économique pour "gagner contre" le milieu. Les dialectiques formulation, validation aboutissent ainsi à la construction de connaissances partagées dont certaines d'entre elles sont identifiées comme des savoirs lors des phases d'institutionnalisation dans lesquelles le professeur intervient sur le savoir.

recours à l'écrit n'est pas toujours disponible ? (la part de l'écrit plus importante dans le secondaire constituant un moyen de canalisation des élèves dans un plan de travail individuel - qui a minima est un travail de recopie)

Des premières tendances orchestratives qui pèsent sur le contrat de classe.

- Les premières adaptations spontanées de l'outil rencontrent des problèmes instrumentaux liés à la place disponible offerte par le TBI et à la gestion de l'écriture manuscrite au tableau. Les adaptations ultérieures semblent se tourner vers une certaine spécificité des ressources construites par l'outil. Ceci n'est pas sans questionner le statut de ce nouvel outil dans la classe, qui dès lors, ne semble pas hériter uniquement de celui de lieu de savoir dont disposait le tableau noir (Robert and Vandebrouck 2003) et de sa (re)négociation. La question est ici de la gestion conjointe du discours, du geste et de l'écriture dans ce nouvel environnement et plus largement celle du travail sémiotique à l'oeuvre en conséquence.
- Aussi, du côté des espérances entretenues d'un nouvel outil susceptible d'être un levier de motivation des élèves, si l'on peut entendre une institution attentive à ce que les mathématiques soient un tant soit peu rendues intéressantes auprès des élèves, des nuances sont à apporter. D'une part, cette motivation attendue n'apparaît pas toujours résister à l'épreuve du temps. Et quand celle-ci semble tout de même entretenue par les potentialités illustratives de l'outil, c'est une négociation qui doit être pensée entre cette motivation et des élèves en attente de connaissances qui seront in fine *dévoilées* via l'outil, hypothéquant possiblement l'investissement dans les tâches mathématiques proposées. Plutôt que de motivation, l'argument qui profiterait à la réflexion serait : les élèves ont-ils de bonnes raisons de s'investir personnellement dans le travail qu'on leur propose ? Autrement dit, des raisons autres que celles de faire leur travail d'élève (ce qui d'ailleurs en soit, est une assez bonne raison). Comprennent-ils le problème, ce qu'il font peut-il avoir assez de sens pour qu'ils puissent avancer une réponse, et qu'ils soient d'accord pour l'assumer ?
Ce dernier point fait également écho à une vertu assignée sans précaution à l'outil, celle d'un gain de temps. Là encore, c'est une confusion de différents temps à l'oeuvre dans l'enseignement qui est possible. Si l'on peut concevoir que le TBI puisse aider à aller un peu plus vite à l'essentiel, il ne s'agit pas de confondre le temps d'enseignement et le temps d'apprentissage, dont on ne peut faire l'économie.
- Enfin, concernant les potentialités de mémorisation offertes par le TBI, remarquons en amont que la position institutionnelle de vouloir rapprocher ces potentialités et un paradigme d'enseignement *progressiste* porté par l'outil afin d'en pointer la nécessité est discutable. Car, il y a au moins un point sur lequel des méthodes d'enseignement plus *passéistes* s'accordent avec les méthodes *progressistes* : il peut être intéressant de savoir où on s'est trompé, et si possible pourquoi, pour ne plus risquer de recommencer.

Se souvenir a un sens dans l'une et l'autre des méthodes. Disposer d'un dispositif qui permette de remettre en perspective ce qu'on est en train d'étudier est utile. En tout état de cause, ces potentialités de mémorisation offertes n'apparaissent que faiblement outiller la construction d'une *mémoire didactique* de la classe (et cela même si l'on ne gère sans doute pas de la même manière la *mémoire didactique* en primaire, au collège ou au lycée³⁵). Une forte distance existe ainsi entre les espérances institutionnelles et les usages construits. La gestion de cette mémoire reste à la charge de l'enseignant et n'apparaît pas facilement dévoluable à l'outil. Ces potentialités semblent trouver pour l'heure leur pertinence dans la reprise d'un cours à l'autre mais surtout comme moyen pour l'enseignant de revisiter le travail conduit d'une année sur l'autre dans une perspective d'amélioration.

6.4.2 Perspectives

Dans cette première étude, les changements institutionnels espérés dans les pratiques ne semblent à l'évidence que difficilement se produire. Les conditions et les contraintes pesant sur ces changements, et leur spécificité dans l'une et l'autre des institutions apparaissent quelque peu sous-évaluées. En revanche, l'idée, parfois installée dans le domaine des technologies dans l'enseignement, d'une tendance à faire presque exactement les mêmes problèmes et activités qui étaient faits sans technologie et de façon très similaire, est à nuancer. En particulier, chez les usagers les plus expérimentés de l'outil, s'affirme une tendance à revisiter leurs pratiques et à investir, à travers les contraintes qui pèsent sur l'outil et les marges de manoeuvre dont ils disposent, des niches d'usage du TBI. Et cette tendance n'est pas guidée que par des préoccupations d'ordre technique mais également par des considérations sur l'enseignement de leur discipline. Ce sont ainsi des modifications localisées des pratiques et des adaptations ciblées qui semblent s'opérer et tendre vers une amélioration locale de certains gestes professionnels. Ce sont également des adaptations dans lesquelles le TBI trouve une place stable et pérenne. Ceci n'est pas sans poser un ensemble de questions : Comment ces adaptations se manifestent-elles et comment les potentialités du TBI soutiennent-elles localement ces adaptations³⁶ ? Comment le TBI s'inscrit-il dans la gestion de la dynamique de l'étude ? En particulier, comment se partage la construction des connaissances entre ces différents lieux de production du savoir que sont le tableau, le TBI et le plan de travail des élèves ? Dans quelle dynamique s'inscrit cette construction ?

L'étude conduite jusqu'alors a permis l'examen d'états et de mouvements dans les trajectoires d'usagers de l'outil. Si un premier résultat est une tendance vers un renforcement du

35. On ne travaille pas de la même façon lorsqu'on a une séance quotidienne de travail ou trois séances hebdomadaires ... Surtout on ne se souvient pas de la même façon. On ne se souvient pas non plus de la même façon lorsqu'on a six ans, lorsqu'on en a dix ou dix-huit.

36. Il en va ainsi aussi bien des adaptations liées au changement de lieu d'étude de certaines situations jusqu'alors réservées à la salle informatique que de celles liées à l'intégration de ressources existantes dans ce nouveau support qu'est le TBI.

collectif, et des schémas orchestratifs engageant principalement le collectif classe dans une tâche commune, les modes d'exploitations de ces différents schémas montrent également que, dans ce collectif augmenté, des variantes existent et ne s'accompagnent pas nécessairement d'un appauvrissement du collectif en terme d'enseignement et d'apprentissage. Autrement dit cette tendance n'embarque pas nécessairement une *moins value didactique*, et la qualification d'ostensif de ces pratiques est prématurée et à raffiner : l'existence de micro-contrat de participation dans un cours dialogué, un travail joint au sens de l'action conjointe laissant toute sa place aux élèves dans une action conjointe enseignant-élèves sont également à l'oeuvre. Les grilles d'analyse construites pour conduire l'étude du paysage orchestratif de l'outil permet sans équivoque de souligner ce dernier point et constitue nous semble t'il un premier résultat raffiné des études anglo-saxonnes d'ores et déjà conduites sur le sujet.

Parce que se borner à dire que tout le monde est sur une même tâche n'est pas suffisant pour capturer l'essentiel, c'est la nécessité d'accéder à un grain plus fin d'analyse qui est dès lors pointée. Il s'agit ainsi d'entrer plus finement dans les formes que sont susceptibles de prendre les transactions instrumentées dans la gestion du collectif, et d'examiner la responsabilité qui est donnée aux élèves et à l'enseignant et son partage dans la construction des apprentissages. C'est le but que se fixe la suite de l'étude.

Chapitre 7

Analyse des séances

Sommaire

7.1	Introduction	268
7.2	L'activité de conception des enseignants	269
7.2.1	Activité de conception des séances et construction du jeu au sein de l'environnement artefactuel TBI.	269
7.2.2	Méthodologie d'analyse de l'activité de conception	270
7.2.3	Critères d'appréciation retenus pour l'analyse	272
7.2.4	Exemples d'analyse de l'activité de conception	274
7.2.5	Résultats de l'étude	300
7.3	Regard quantitatif sur les séances conduites en classe . .	306
7.3.1	Choix méthodologiques de l'étude quantitative	306
7.3.2	Exemples de trois vidéogrammes	313
7.3.3	Résultats quantitatifs	316
7.4	Episodes particuliers à l'étude	324
7.4.1	Choix des épisodes	324
7.4.2	Episodes relatifs aux usagers expérimentés	327
7.4.3	Episodes relatifs aux usagers occasionnels	347
7.5	Conclusion	359

7.1 Introduction

Les résultats de l'étude de l'action professorale instrumentée, capitalisés dans les chapitres précédents, relèvent à la fois de l'outil TBI et de son appropriation en un instrument de travail. Ils relèvent également de la dynamique des schémas orchestratifs instrumentés dans la conduite du jeu en classe. Il s'agit dans ce présent chapitre d'organiser la confrontation de ces résultats relevant en partie du déclaratif avec le jeu effectif et contraint de la classe en se plaçant dans le cadre de la théorie de l'action didactique conjointe.

Dans notre hypothèse d'une action didactique conjointe, c'est un processus également conjoint qui, dans une perspective d'enseignement médié par la technologie, participe à la constitution des artefacts en instruments. La TACD propose de distinguer trois niveaux de description de l'action conjointe : *déterminer le jeu, faire jouer le jeu et construire le jeu*. L'hypothèse que nous faisons est que l'action didactique conjointe l'est relativement à ces trois niveaux de description, en particulier, l'activité instrumentée du professeur peut être analysée à ces trois niveaux. Le niveau de la construction du jeu atteste de l'importance accordée, pour la compréhension des transactions instrumentées, au travail de préparation et aux tâches que l'enseignant choisit pour penser et organiser son enseignement.

Nous organisons en conséquence la confrontation avec le déclaratif à partir de l'étude de deux pôles que sont d'une part l'activité de conception et d'autre part la gestion orchestrale des jeux instrumentés dans la classe. Les matériaux nécessaires à cette enquête relèvent à la fois des ressources construites avec l'outil et d'un découpage codifié des séances. Ils sont par ailleurs conséquents, compte tenu de la dizaine de séances à notre disposition. L'investigation de ces deux pôles est conduite en permettant la confrontation avec le déclaratif, tout en tenant compte de la densité des matériaux pour l'analyse.

Dans le détail, notre première intention est d'investir le niveau de préparation du jeu à travers l'activité de conception des ressources TBI par l'enseignant. Cette activité de conception est regardée comme l'une des composantes du travail documentaire du professeur. Le point de vue adopté ici n'est cependant pas celui de l'approche documentaire mettant l'accent sur la genèse documentaire du point de vue du sujet enseignant. Il s'agit plutôt de l'examen de la façon dont l'artefact, les tâches proposées aux élèves et les enjeux de savoir participent à orienter et contraindre l'activité de conception de l'enseignant menée dans l'environnement TBI, dans la construction du jeu épistémique. Il s'agit d'étudier les techniques de conception instrumentées mises en oeuvre et leur valence mésogénétique, topogénétique et chronogénétique. C'est l'exercice de l'expertise instrumentale des enseignants ainsi que leur appréhension de l'outil TBI au service de l'enseignement/apprentissage des mathématiques que nous souhaitons confronter avec le déclaratif. Nous précisons les moyens de notre action, la méthodologie spécifique déployée et les résultats de cette étude dans la première partie de ce chapitre.

Notre seconde intention relève de l'étude de la dynamique des jeux instrumentés dans la classe. Nous souhaitons questionner la manière dont l'enseignant utilise l'outil pour mettre

en scène les différents jeux, organisateurs de l'action mathématisante des élèves. Parce que nous souhaitons en particulier quantifier cette action enseignante, notre échelle d'étude est macroscopique : la séance. La TACD se place dans une perspective de modélisation de l'action enseignante, structurée en quatre axes : définir, dévoluer, réguler et institutionnaliser, l'hypothèse étant faite que ces processus d'action concourent à déterminer la place de l'enseignant et celle de l'élève, le temps d'enseignement et celui de l'apprentissage ainsi que les milieux des situations et les rapports aux objets de ces milieux. La confrontation avec le déclaratif s'organise ici par l'examen et la quantification de l'activité instrumentée de l'enseignant et des élèves au sein de ces différents processus d'action, en lien avec les différents schémas orchestratifs qu'elle soutient. La seconde partie de ce chapitre est dévolue à ce travail.

7.2 L'activité de conception des enseignants

7.2.1 Activité de conception des séances et construction du jeu au sein de l'environnement artefactuel TBI.

Rappelons ici brièvement deux faits permettant d'éclairer le regard que nous portons sur l'activité de conception de séances par les enseignants dans cet environnement artefactuel qu'est le TBI.

- La construction du jeu est envisagée dans la TACD comme un des éléments descripteurs de l'action didactique du professeur. Il rend compte du fait que si le jeu didactique possède une grande part de contingence dans le fonctionnement in situ, il reçoit cependant son architecture fondamentale dans le travail de préparation conduit par l'enseignant en amont. La TACD propose par ailleurs un triplet génétique (mésogénèse, chronogénèse, topogénèse) pour rendre compte du caractère conjoint de l'action professorale. En faisant l'hypothèse d'une action didactique globalement conjointe, la TACD autorise une étude de la construction du jeu à partir de ces trois génèses : il s'agit d'examiner comment le professeur *joue la construction du jeu*, c'est à dire, dans son travail de préparation, comment sont pensés les enjeux de savoir, les tâches données aux élèves, les objets constitutifs du milieu ou bien encore le partage des responsabilités entre les différents acteurs.
- Dans notre étude, il est aussi un second fait qui tient que cette activité de construction du jeu se joue dans l'environnement artefactuel particulier qu'est celui offert par le TBI. Nous faisons l'hypothèse que la construction du jeu est en partie contrainte par l'environnement artefactuel et ses spécificités. Dès lors, c'est aussi un point de vue instrumental que nous souhaitons adopter sur la construction du jeu dans l'environnement TBI.

Nous proposons, dans ce qui suit, l'étude de l'activité de conception des enseignants, c'est à dire l'activité de construction du jeu au sein de l'environnement TBI, en détaillant les moyens que nous nous sommes donnés pour la conduire.

7.2.2 Méthodologie d'analyse de l'activité de conception

Notre but est d'interroger ici l'activité de conception conduite par l'enseignant au sein du TBI comme moyen potentiel d'aménager un milieu propice à la gestion et la réussite de l'action des élèves. Il s'agit d'examiner dans quelle mesure le rapport à l'outil TBI que déclarent entretenir les enseignants, à la fois du point de vue de l'expertise instrumentale et des potentialités orchestratives, prennent forme et s'expriment dans l'activité de conception contextualisée d'une situation mathématique donnée. Nous souhaitons interroger d'éventuelles régularités ou spécificités catégorielles relatives à cette activité de conception et leur cohérence au regard des profils spécifiques des enseignants suivis.

Les matériaux d'étude consistent en les fichiers informatiques utilisés lors des séances (paperboard, etc...) ainsi que la documentation à destination des élèves. Ces matériaux ont été élaborés par les enseignants au cours de leur travail de préparation. Même si ces documents sont des produits finis (en particulier, nous n'avons pas accès à la genèse de leur construction), leur conception répond à un certain nombre de besoins et contraintes (instrumentaux, pédagogiques, didactiques...) et façonne l'architecture fondamentale du jeu. Ces documents peuvent donc être interrogés à partir de ces besoins et les techniques instrumentées de conception regardées comme une réponse à ces besoins. En particulier, ces documents peuvent être analysés à partir du triplet de genèses (méso, topo, chrono) répondant à des besoins didactiques.

L'analyse de l'activité de conception des enseignants s'organise en trois temps. Dans un premier temps, l'étude de la situation mathématique permet l'examen des possibles jeux organisateurs de l'étude. Puis, un second temps qui confronte ces possibles avec les choix faits par l'enseignant et les dynamiques de l'étude effectivement retenues. Un dernier temps est consacré à l'étude plus spécifique de l'activité de conception au sein de l'environnement du logiciel tu tableau. Il permet d'interroger l'usage fait de cet environnement artefactuel et les techniques de conception utilisées pour mettre en scène et soutenir les dynamiques prévues de l'étude. Nous détaillons ces trois temps ci-dessous :

- un regard préalable sur la situation du point de vue des savoirs prépare l'analyse du jeu effectivement construit par l'enseignant : il s'agit d'étudier la situation mathématique proposée du point de vue du savoir supposé être l'enjeu du jeu en appréciant les possibles techniques mathématiques convoquées dans l'étude, les difficultés susceptibles de se poser ainsi que la possible variété des trajectoires de l'étude (les jeux possibles du professeur sur l'élève, organisateurs de l'étude). Cette première étude permet un accès à l'espace des possibles et l'identification des problèmes didactiques auxquels le professeur est susceptible d'être confronté pour organiser le jeu de l'élève.

- l'examen dans un second temps de l'architecture fondamentale du jeu : à partir des matériaux conçus par l'enseignant, nous examinons la construction du jeu effectivement pensé par l'enseignant et les moyens qu'il s'est donné pour assurer sa gestion au TBI. L'éclairage apporté par l'étude préalable de la situation mathématique est mis à contribution pour questionner les choix réalisés au sein de l'environnement TBI. Il permet également d'examiner quelles réponses visibles dans l'activité de conception sont apportées aux problèmes didactiques posés par l'étude de la situation et sa gestion.
- ce point de vue linéaire posé sur l'architecture fondamentale du jeu met en lumière les choix de conception réalisés et contingentés à la situation d'enseignement et à l'environnement artefactuel. Nous le mettons dès lors à profit pour renseigner un regard plus spécifique sur l'artefact et les techniques instrumentées utilisées pour la conception. Nous interrogeons plus précisément l'activité de conception en apposant un triple point de vue sur celle-ci et dans lequel il s'agit :
 - d'examiner quel type d'étude, quel déroulement sont privilégiés dans cet environnement, et dans quelle mesure les potentialités orchestratives de l'outil sont mises à profit pour penser ce déroulement (en particulier si elles permettent un renouvellement de ce dernier),
 - d'étudier dans quelle mesure l'environnement TBI est exploité pour anticiper les potentiels problèmes d'apprentissage soulevés par la situation et quelles techniques instrumentées de conception sont envisagées comme réponse à ces problèmes,
 - d'examiner dans quelle mesure l'élève est présent dans cette activité de conception et comment est pensée sa place et son activité dans l'environnement TBI

Nous organisons ce questionnement de l'activité de conception à partir d'une analyse critériée. Le choix des critères doit répondre à une double contrainte :

- d'une part, les critères retenus doivent être suffisamment informatifs sur le point de vue posé sur l'activité de conception et permettre une confrontation avec le déclaratif des chapitres précédents,
- d'autre part, ces critères doivent pouvoir être renseignés aisément et de manière systématique sur l'ensemble de notre corpus de données afin de rendre possible cette vue à la quantification et poursuivre l'examen de la régularité et de la variabilité catégorielle.

Nous présentons ci-dessous les cinq critères retenus pour apprécier l'activité de conception à partir des matériaux conçus par les enseignants.

7.2.3 Critères d'appréciation retenus pour l'analyse

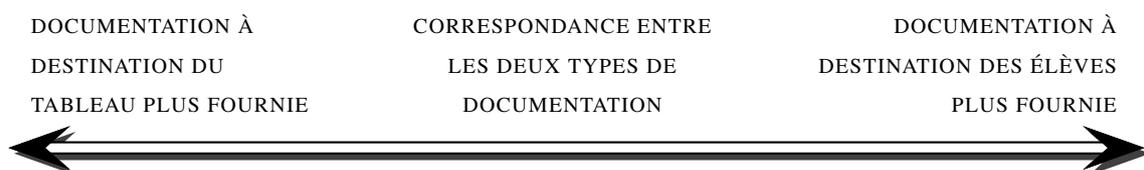
Un premier critère C_1 tourné spécifiquement vers l'artefact

Nous examinons dans ce premier critère l'usage qui est fait de l'environnement auteur du logiciel du tableau pour la conception des fichiers. Il s'agit, à partir de l'examen des briques technologiques constitutives du document construit (texte, image, lien, animation, etc...), de qualifier les fonctionnalités techniques de l'outil utilisées. Nous cherchons ainsi à identifier dans quelle mesure le logiciel du TBI est réellement utilisé pour la conception. Ainsi, une page par exemple constituée d'éléments construits dans des applications tierces (à partir de copier-coller) soulignera une utilisation faible de l'environnement auteur du logiciel du tableau. Une page conçue à partir des fonctionnalités avancées de l'outil (déplacement contraint d'objets, utilisation de la bibliothèque du logiciel, programmation de feed-back sur les objets présents sur la page...) constituera en revanche une utilisation forte de l'environnement auteur de l'outil. Nous déclinons ce critère selon un premier axe qui rend compte de la variété des fonctionnalités utilisées.



Un second critère C_2 relatif à la complémentarité des documents construits pour la classe

Nous examinons dans ce second critère comment est pensée la complémentarité des documents à destination des élèves avec les documents construits à destination du tableau. Nous distinguons ainsi les objets du milieu aménagés pour l'élève de ceux aménagés pour l'environnement artefactuel TBI. Cette distinction permet d'interroger l'interaction pensée *a priori* de ces deux lieux de *productions de savoir*, que sont d'une part le tableau et d'autre part le bureau des élèves. Nous cherchons à savoir s'il y a correspondance ou non entre les deux types de documentation. Dans ce dernier cas, nous examinons en particulier les éléments communs et leur interaction ainsi que les éléments distinctifs et leurs spécificités. De ce point de vue, une documentation à destination du TBI plus fournie que celle à destination des élèves est potentiellement le signe d'une activité cognitive à certains égards inédite plus à même d'apparaître au tableau. Nous déclinons ce critère selon un deuxième axe de la façon suivante :



Un troisième critère C_3 relatif à la nouveauté de la situation d'apprentissage

Nous déclinons également l'étude de l'activité de conception selon un troisième axe relatif au rapport à la nouveauté de la situation d'enseignement-apprentissage construite et dont les extrêmes sont d'une part, une situation déjà développée dans un autre environnement artefactuel qu'il soit ou non informatisé (la salle de classe sans l'outil TBI ou la salle informatique), d'autre part, une situation spécifiquement construite pour une exploitation dans ce nouvel environnement. Les niveaux intermédiaires peuvent être alors interprétés comme des adaptations opérées sur l'un ou l'autre de ces deux cas de figure¹. Nous distinguons en particulier deux éléments d'appréciation de la nouveauté : d'une part la situation elle-même et d'autre part, les choix aménagés du parcours de son l'étude.



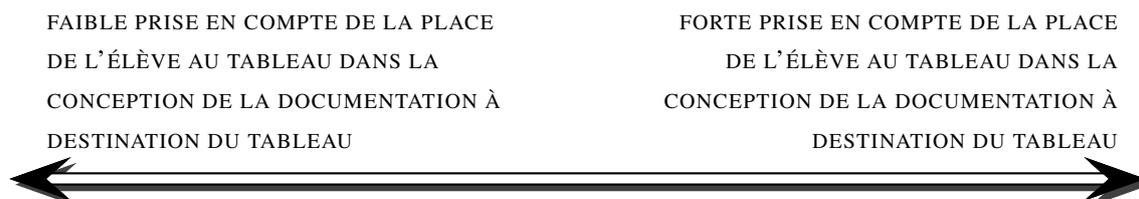
Un quatrième critère C_4 relatif aux potentialités de changements de cadres

Nous considérons comme quatrième axe celui des possibilités de changement de cadres ou de registres de représentations permises par la situation choisie. Ce critère permet en particulier d'examiner si les fonctionnalités de l'outil sont exploitées dans ce sens.



Un cinquième critère C_5 relatif à la place accordée à l'élève

Avec ce dernier critère, nous examinons dans quelle mesure l'activité de conception prend en compte la place de l'élève au tableau. Les indices de cette prise en compte se font en particulier à travers l'usage prévu (ou prévisible) de la documentation du tableau par l'élève, mais aussi à travers la place accordée à la récupération de l'activité des élèves au tableau.



1. Notons que l'orientation de cet axe peut apparaître dans une première approximation comme quelque peu subjectif, laissé à la seule appréciation de l'observateur, avec comme seul point d'appui, sa connaissance des situations proposées en classe.

Ces différents critères peuvent être interprétés comme un vecteur $C(C_1, C_2, C_3, C_4, C_5)$ dont les 5 composantes sont répertoriées dans le tableau suivant :

	CRITÈRES	DESCRIPTEURS ET ÉCHELLE DE VALEURS	
C_1	Utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau	Utilisation faible de l'environnement pour la conception -1	Utilisation élevée de l'environnement pour la conception +1
C_2	Complémentarité de la documentation construite pour la classe	Documentation à destination des élèves plus fournie -1	Documentation à destination du tableau plus fournie +1
C_3	Nouveauté de la situation à l'étude	Situation ancienne élaborée en l'absence de l'environnement TBI -1	Situation spécifiquement développée pour l'usage du TBI +1
C_4	Possibilités de changement de cadres ou de registres	Un unique cadre de résolution, un seul registre de traitement du problème -1	Différents cadres possibles de résolution, différents registres de traitement du problème +1
C_5	Place accordée à l'élève	Faible prise en compte de la place de l'élève au tableau dans la conception de la documentation à destination du tableau -1	Forte prise en compte de la place de l'élève au tableau dans la conception de la documentation à destination du tableau +1

Afin d'illustrer la manière dont nous avons procédé pour conduire une telle analyse, nous fournissons ci-après quatre exemples d'analyse de l'activité de conception menée par les enseignants. Ces exemples sont choisis dans l'une et l'autre des catégories d'utilisateurs et permettent ainsi une vision d'ensemble de l'activité de conception conduite au sein de l'environnement TBI. Les résultats complets² de cette enquête sont ensuite présentés en pointant les régularités et les disparités catégorielles observées.

7.2.4 Exemples d'analyse de l'activité de conception

Un exemple de conception de Murielle

Première étude : regard sur la situation mathématique

La situation proposée à l'étude dans une classe de troisième de collège, consiste en l'examen de la faisabilité de la construction d'une bordure de 110 mètres carrés en carrelage de

2. L'ensemble des séances (plus d'une dizaine d'heures) a été effectivement traitée. En annexe I, un autre exemple d'analyse de conception est donné.

largeur constante et n'excédant pas 5 mètres autour d'une piscine de 6 mètres sur 10 mètres : "*peut-on obtenir une bordure de 110m² ayant une largeur inférieure à 5m ?*". Le cas échéant, il s'agit de déterminer les largeurs qui conviennent : "*si oui, de quelle(s) largeur(s) ?*" Notons en premier lieu que la première question posée n'exige pas le calcul explicite de cette(ces) largeur(s). La recherche de deux valeurs de celle(s)-ci correspondantes à des valeurs de l'aire de la bordure encadrant 110 mètres carrés, augmentée d'arguments heuristiques de continuité³ permet dès lors d'y répondre.

Dans un deuxième temps, la détermination de la (ou des) valeur(s) exacte(s) de la largeur solution permettrait de clôturer le problème (en tout cas tel qu'il est posé), elle nécessiterait cependant la résolution algébrique d'une équation polynomiale de degré deux ($4x^2 + 32x - 110 = 0$) aux solutions irrationnelles, non disponible à ce niveau. La mise sous forme canonique de cette expression constituerait une avancée relative dans l'étude ($4[(x + 4)^2 - \frac{87}{2}] = 0$), un travail sur l'ostension de l'expression obtenue, liée à son aspect structural, ramènerait le problème à la résolution de l'équation $(x + 4)^2 = \frac{87}{2}$. Mais la fréquentation de ces gestes algébriques par des élèves de la classe de troisième est très peu coutumière (ils nécessiteraient très certainement une prise en charge forte par l'enseignant). Un autre parcours de l'étude consisterait dès lors à déterminer une (ou des) valeurs approchées de la solution au problème (et donc constituerait à changer quelque peu le problème - tout du moins tel qu'il est formulé ici⁴), notamment en investissant d'autres cadres (graphiques, tableaux, etc...). Ce choix d'une valeur approchée de la solution serait d'ailleurs plus conforme à l'habillage concret donné à la situation, la recherche de valeurs exactes étant souvent dénuée de sens dans des situations non internes aux mathématiques.

Différentes trajectoires d'étude de cette situation sont ainsi possibles, chacune d'elle révélant des potentialités communes mais aussi spécifiques en terme d'apprentissage. Sans entrer dans le détail de chacune d'elles, cette situation posée dans le cadre géométrique et dans le cadre des grandeurs permet d'appréhender le concept de fonction comme relation de dépendance conformément aux programmes en vigueur⁵, et d'investir dès lors différents cadres de résolution (graphique, algébrique, tableau de nombres, etc...) et différents registres de représentation de l'objet fonction. Elle permet d'aborder l'intérêt d'une formule algébrique pour répondre à la question posée, même si aucune donnée ostensible n'apparaît (pas de x dans l'énoncé)⁶. Cette situation peut se gérer avec différents artefacts informatiques (LGD, tableur, calculatrice graphique, etc...). Le passage à la formule facilite la tâche si l'usage d'un tableur ou de calculatrices graphiques sont requis. Dans le cas d'une recherche de

3. Des connaissances sur la continuité n'étant pas disponibles chez des élèves de la classe de troisième.

4. Par exemple avec une formulation du type : "*est-il possible de réaliser une telle construction pour une aire de 110 mètres carrés à 2 décimètres carrés près ?*"

5. Notons d'ailleurs que d'un point de vue épistémologique, c'est bien la relation de dépendance qui fonde les concepts de fonction et de variable.

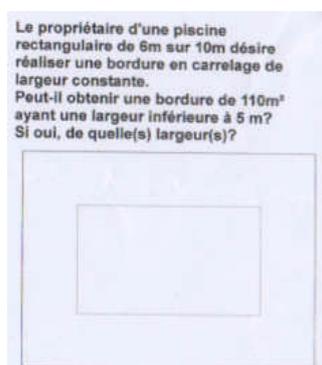
6. Notons que si le choix de la variable est laissée à la charge de l'élève (et plusieurs choix sont possibles), le fait de pointer dans le texte la caractéristique variable de la largeur (une largeur inférieure à 5m) est possiblement inducteur d'un choix.

valeur approchée de la solution, la construction du concept de nombre réel est également travaillée (en affinant la réponse - modification du pas, dichotomie...). Du côté des difficultés susceptibles d'apparaître dans l'étude, celles classiques liées à l'introduction de la lettre et d'autres liées à l'articulation de plusieurs cadres et plusieurs registres (par exemple lier variable géométrique et variable algébrique) peuvent être pointées. Le passage des grandeurs aux nombres peut s'avérer également être problématique. De manière plus spécifique, l'appréhension de l'expression "largeur de la bordure" ou encore des connaissances sur les aires et le "découpage" de cette bordure en sous figures rectangulaires sont des difficultés potentielles.

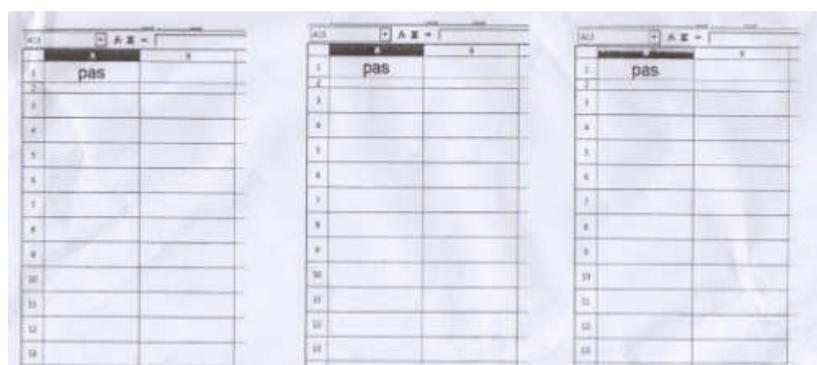
Seconde étude : l'architecture fondamentale du jeu

La documentation à destination de l'élève

Elle comprend deux documents : d'une part l'énoncé de l'exercice et une illustration graphique de la situation (document n° 1), d'autre part, trois tableaux identiques à deux colonnes (copies d'écran d'une feuille de calcul), le nom de la première colonne étant renseigné (document n° 2)



document n° 1



document n° 2

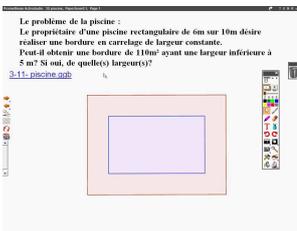
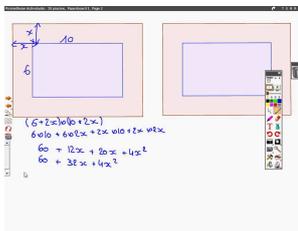
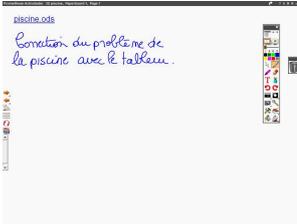
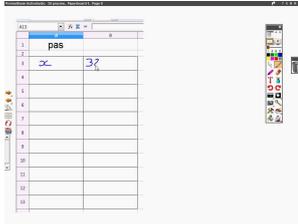
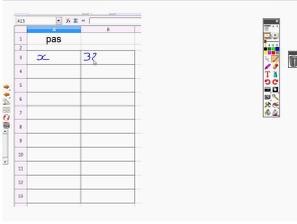
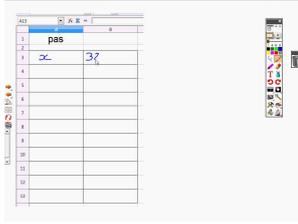
La documentation à destination du tableau numérique

Elle comprend trois documents numériques : un paperboard (environnement auteur du TBI), un fichier de géométrie dynamique (géogébra) et une feuille de calcul (openoffice).

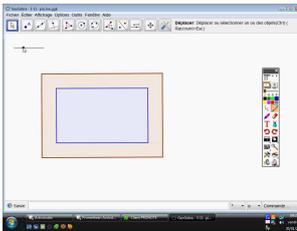
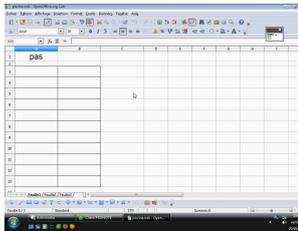
Le paperboard

Le paperboard construit est composé de six pages présentées dans le tableau ci-dessous :

PAPERBOARD	
PAGE N°1	PAGE N°2

<p>La première page reprend l'énoncé du problème de manière identique à la documentation élève et dispose d'un lien vers le fichier LGD</p> 	<p>La seconde page est constituée de deux représentations géométriques identiques de la situation</p> 
<p>PAGE N°3</p>	<p>PAGE N°4</p>
<p>La troisième page comprend un lien vers le fichier tableur</p> 	<p>La quatrième page reprend la documentation élève des tableaux à deux colonnes (copie d'écran du fichier tableur)</p> 
<p>PAGE N°5</p>	<p>PAGE N°6</p>
<p>La cinquième page est une réplique de la quatrième page</p> 	<p>La sixième page est également une réplique de la précédente</p> 

Le fichier de géométrie dynamique et la feuille de calcul

<p>FICHER GÉOGÉBRA</p>	<p>FEUILLE DE CALCUL</p>
<p>Le fichier géogébra illustre dynamiquement la situation à l'aide d'un curseur faisant varier la largeur de la bordure.</p> 	<p>Le fichier tableur présente une feuille de calcul vierge et identique à celle dont disposent les élèves</p> 

L'architecture fondamentale du jeu

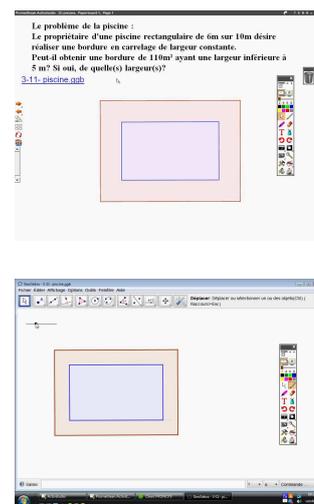
Dans l'architecture fondamentale du jeu pensée par l'enseignante, apparaissent trois phases

distinctes⁷ : une première phase qui investit le cadre géométrique et permet d'exhiber la co-variation des deux grandeurs (largeur-aire), une seconde phase initiant un travail dans le cadre algébrique et permettant d'établir une expression littérale de cette co-variation, une dernière phase qui permet d'exhiber l'équation à résoudre solution du problème et de conduire sa résolution dans un environnement tableur. La conception du paperboard est dès lors la suivante :

- La première page duplique l'énoncé de l'exercice au tableau et s'inscrit dans un épisode de présentation du jeu à la classe. En particulier, la figure géométrique de l'énoncé est reproduite à l'écran (de manière statique), offrant un espace d'annotation direct sur celle-ci, susceptible de servir la présentation et la dévolution du jeu.

Aux côtés de cette représentation statique de la situation, apparaît un lien vers un fichier géogébra illustrant dynamiquement la situation dans le cadre géométrique : un curseur⁸ permet de faire varier la "largeur" de la bordure. Cette dernière grandeur n'est cependant pas matérialisée sur la figure dynamique et ce sont les effets de la variation de cette grandeur qui sont visibles à l'écran (agrandissement-réduction de la bordure). Autrement dit, si cette ressource est pensée au service de la dévolution du jeu, l'appréhension globale de la figure dynamique met l'accent plus volontiers sur les variations de la grandeur "aire" de la bordure⁹ sans faire le lien explicite (tout du moins visuel) avec la grandeur "largeur" de cette même bordure. Reste donc à la charge de l'élève ou du professeur de pointer la co-variation de ces deux grandeurs.

Dans le même ordre d'idée, les valeurs numériques de la "largeur" et de l'aire de la piscine ne sont pas affichées à l'écran (et leur affichage n'est pas non plus programmé dans le fichier source géogébra). Cependant, l'analyse que nous faisons de cette absence d'affichage dans l'architecture fondamentale du jeu est quelque peu différente : d'une part, cet affichage peut être réalisé aisément (ie avec un coût instrumental faible) *in situ* pour soutenir la régulation du jeu effectif en classe, et d'autre part, un affichage prématuré de ces valeurs numériques risqueraient plus d'entamer la recherche du problème plus que de la soutenir. Ainsi, l'affichage de ces valeurs participe d'une action potentielle mésogénétique du professeur dans l'action conjointe du jeu effectif de la classe. On peut enfin interroger cette animation en terme d'institutionnalisation du jeu initié par la première question posée du problème, en soutien d'une argumentation heuristique sur la continuité.

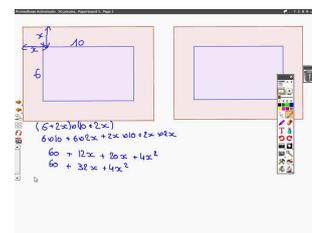


7. et donnant lieu a minima à trois jeux distincts qu'il s'agit de présenter, dévoluer, réguler, institutionnaliser

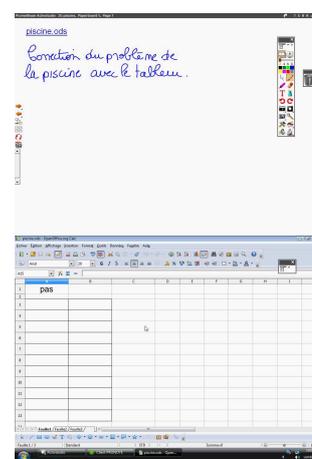
8. Le pilotage de la figure se fait ainsi à l'aide d'un curseur extérieur à la figure, c'est à dire une variable "non-géométrique"

9. D'autant que cette grandeur est matérialisée en couleur sur la figure

- La seconde page du paperboard, constituée de deux figures géométriques identiques, aménage un espace d'accueil du travail des élèves. Sa conception anticipe la possible diversité des procédures élaborées (différents choix de variables, différentes expressions algébriques de la grandeur aire, etc...). Cet espace de travail ainsi constitué est dès lors susceptible de soutenir un travail autour de ces expressions algébriques, notamment de leurs équivalences.



- La troisième page aménage l'entrée du tableur dans l'étude, avec un lien présent sur cette même page vers une feuille de calcul. Ce sont à la fois le choix du logiciel mais également sa place dans l'étude qui sont ici informatifs du point de vue de la construction du jeu.



Avec une utilisation en aval de la détermination sous forme algébrique de l'équation, au service de la résolution approchée d'une équation polynomiale de degré deux, l'usage pensé du tableur s'appuie plus volontiers ici sur l'une des images répandues de la notion de fonction, à savoir l'expression algébrique avec un signe d'égalité. Si le choix de l'usage du tableur en aval ou en amont de la mise en équation est possible (tout du moins une activité mathématique potentielle de l'élève existe dans l'un et l'autre des scénarios), l'environnement artefactuel disponible dans la classe explique et contraint d'une certaine manière aussi ce choix : de manière assez immédiate, la non disponibilité d'un environnement tableur pour les élèves peut être avancée. Reste cependant qu'une telle démarche pourrait être conduite dans un environnement calculatrice mais la récupération de l'activité des élèves au tableau serait dès lors plus délicate¹⁰. En revanche, une fois établie l'équation à résoudre, sa résolution au tableau dans l'environnement tableur peut être plus aisément géré par l'enseignant.

- Les trois dernières pages du paperboard et la documentation élève mise à disposition (copie d'écran des feuilles de calcul) permettent alors à la fois d'orchestrer publiquement cette résolution dans l'environnement tableur et de fournir un moyen aux élèves de garder une trace de cette activité instrumentale conduite collectivement.

- Notons enfin dans la construction du jeu, l'absence d'exploitation du registre graphique, que ce soit sous son aspect dynamique ou son aspect statique. Si des potentialités existent par ailleurs (représentation d'une variable dépendante en fonction d'une variable indépendante, etc...), notons que sa place dans la construction du jeu telle qu'il est pensé est délicate car susceptible d'entamer la légitimité du travail conduit dans l'environnement tableur, poursuivant le même but de la recherche d'une valeur approchée de la solution. Dans le même

10. En particulier, Murielle indique ne pas connaître l'existence d'émulateur de calculatrice

ordre d'idée, l'usage d'un logiciel de calcul formel n'est pas non plus envisagé.

Troisième étude : l'analyse critériée de l'activité de conception

Critère n° 1 : l'utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau

Les outils utilisés pour la conception du paperbord sont à la fois des outils d'annotation et des copier-coller de documents produits par d'autres logiciels (copie d'écran d'une feuille de calcul, etc...). C'est donc un usage rudimentaire des fonctionnalités de l'outil qui est fait, en particulier, aucune animation de figure n'est réalisée au sein du logiciel auteur du tableau. Ce sont des logiciels tiers (géogebra) qui sont préférés pour cette réalisation mais qui correspondent par ailleurs à des usages bien établis.

Critère n° 2 : complémentarité de la documentation construite pour la classe

Nous distinguons les objets du milieu aménagés pour l'élève (la documentation à destination de l'élève) de ceux aménagés pour l'environnement artefactuel TBI (la documentation à destination du tableau). La documentation à destination de l'élève apparaît extraite de celle à destination du tableau, laquelle est enrichie d'un fichier LGD et d'une feuille de calcul. La présentation du travail est pensée en terme d'interaction de ces deux lieux (l'énoncé du travail est visible sur les deux types de documentation). L'activité instrumentée liée à l'usage des logiciels (LGD, tableur) n'est quant à elle présente de fait qu'au tableau. Si c'est une activité cognitive à certains égards inédite qui est dès lors plus à même d'apparaître au tableau, notons que la récupération par l'élève de cette activité est cependant aménagée, les élèves disposant de copies d'écran de feuille de calcul à compléter.

Critère n° 3 : nouveauté de la situation étudiée

Rappelons que deux éléments d'appréciation de la nouveauté sont distingués : d'une part la situation elle-même et d'autre part, les choix aménagés du parcours de son étude.

Concernant le premier élément d'appréciation, notons que cette situation est une variation de situations qui ont fait leurs preuves depuis longtemps au lycée (notamment en première puisqu'elle conduit dans le cadre algébrique à la résolution d'une équation polynomiale de degré 2) et trouvant aujourd'hui une place, au fil des années, la notion de fonction étant implicite ou explicite, de la classe de quatrième (voire de cinquième) à la classe de première. Concernant le second élément d'appréciation, si une utilisation d'un tableur en amont de la mise en équation sous forme algébrique du problème est susceptible de faciliter cette dernière (des exemples d'une telle utilisation sont par exemple détaillés dans le document ressource "du numérique au littéral" avec la construction de tableaux obtenus par recopie de formules), en permettant aux élèves de travailler dans un cadre numérique en partant du "connu" et plus en conformité avec une démarche arithmétique¹¹, le choix retenu par l'enseignant n'est pas celui là : la construction du jeu proposé par l'enseignant entretient une proximité forte avec un travail habituellement envisagé en environnement papier-crayon

11. En particulier, les calculs fournissent un résultat numérique, évitant le dilemme processus/produit existant avec l'expression algébrique. Le tableur sert ainsi d'intermédiaire entre numérique et algébrique.

de ce même problème, la place du tableur dans l'étude apparaissant comme un élément symptomatiques de ce fait. De ce point de vue, c'est une étude faiblement renouvelée qui est proposée, avec des tâches qui se différencient peu de celle traditionnellement pensées pour l'environnement papier/crayon et avec un accès privilégié par le cadre algébrique¹². Dans le même temps, c'est un environnement artefactuel proposé par le TBI qui permet l'entrée de logiciels institutionnels dans la classe et un mouvement de situations initialement pensées en salle informatique qui semblent migrer vers une étude en classe avec l'outil TBI. Ce sont ces mêmes logiciels, constituant un environnement technologique relativement dense, qui sont mis au service de l'étude du problème. Ce sont également des connaissances instrumentales de ces logiciels qui sont construites au cours de l'étude.

Critère n° 4 : possibilités de changement de cadres et/ou de registres

La situation est posée dans le cadre géométrique et celui des grandeurs et est formulée dans le registre du langage naturel. Le jeu construit par l'enseignant propose d'investir en premier lieu le cadre géométrique, avec pour support une représentation dynamique de la co-variation des grandeurs largeur et aire (*géogébra*). Un travail dans le cadre algébrique est ensuite initié avec l'obtention de l'expression littérale de cette co-variation, et se termine par la résolution de l'équation solution dans le registre du tableur. Du point de vue des changements de cadre, la ressource *géogébra* apparaît assumer un rôle transitionnel. Reste que sa conception, avec la non matérialisation de la grandeur largeur sur la figure, apparaît possiblement problématique de ce point de vue .

Critère n° 5 : place accordée à l'élève

La présence de l'élève dans l'activité de conception de Murielle est visible doublement : à la fois dans l'aménagement d'un espace d'accueil du travail des élèves au tableau et qui tient compte de la diversité des procédures possibles notamment en ce qui concerne l'algébrisation du problème (différents choix de variables possibles), mais également dans la récupération du travail instrumental conduit dans l'environnement tableur à travers la documentation à destination des élèves. Notons que ce dernier choix est conforme aux conceptions de Murielle relatives au travail instrumental des élèves et à sa problématique de gestion en salle informatique. C'est un usage du tableur orchestré au tableau devant la classe, au service de la résolution d'une tâche mathématique qui est pensé, simulant l'activité instrumentée des élèves et de ce fait, réduisant possiblement la mise en fonctionnement de connaissances instrumentales et mathématiques imbriquées que peut engendrer l'usage réel d'un tableur. Dans le même temps, c'est la construction d'une trace écrite des connaissances instrumentales convoquées dans l'usage du tableur qui est pensée par l'enseignante.

12. De ce point de vue, nous retrouvons un des résultats notés dans la thèse d'Haspékian de tâches conformes au travail en environnement papier/crayon qui guident les objectifs pour l'enseignant et un environnement papier/crayon "réfèrent", qui rend les relations entre environnement papier/crayon et environnement technologique dissymétriques.

Un exemple de conception de Frédérique

Première étude : regard sur la situation mathématique

La situation à l'étude dans une classe de CM1 propose d'organiser un travail autour de la description de figures planes. Ce thème constitue une reprise d'étude pour les élèves de cette classe. L'objectif principal¹³ poursuivi consiste en l'analyse de figures complexes : il s'agit d'identifier les figures simples qui les composent et décrire leurs positions relatives en repérant certaines propriétés géométriques des différents éléments constitutifs des figures. L'étude s'organise autour de sept questions qui permettent la fréquentation avec quatre types de tâches. Il s'agit de :

- reconnaître parmi différentes figures, celle qui correspond à une description donnée,
- produire la description (ou compléter la description) d'une figure donnée,
- reconnaître parmi différentes descriptions, celle qui correspond à une figure donnée,
- construire une figure correspondant à une description donnée.

Sans entrer dans le détail de chacune de ces tâches, notons cependant quelques unes des spécificités de l'étude.

D'une part, ce travail s'organise à partir de l'examen de lots de figures : les figures à décrire sont composées de sous-figures identiques et bien connues des élèves (carré, rectangle, cercle). C'est donc avant tout la nécessité de décrire les positions relatives de ces sous-figures à l'aide d'un vocabulaire géométrique adapté qui est visée, et ceci sans exigence d'exhaustivité des descriptions produites (il suffit en effet que ces dernières soient discriminantes).

Exemple : la figure est composée d'un cercle et d'un carré. Un côté du carré est un diamètre du cercle

D'autre part, ce sont des descriptions au service de la reconnaissance de figures qui sont ici principalement travaillées (quatre types de tâches sur cinq) : en particulier, contrairement à une tâche de description au service de la construction de figures, le mode de description privilégié est non pas un processus de construction (et la nécessité de hiérarchie des informations) mais plutôt l'énoncé de propriétés vérifiées par les figures et par elles seules. Une seule question (la dernière proposée de l'étude) propose une description conduisant à la construction d'une figure et un mode de description sous forme de processus (sans être exactement un programme de construction) : *"la figure est composée d'un carré et d'un triangle. Pour obtenir le triangle, on joint deux sommets consécutifs du carré au centre du carré"*

Du côté des autres enjeux de la situation (et des jeux potentiels à gérer en conséquence), nous en examinons en particulier trois et interrogeons en retour les potentialités de l'outil dans leur gestion :

13. Qui s'inscrit plus globalement dans un enjeu d'apprentissage lié au changement de regard à porter sur ces objets de la géométrie plane, qu'il s'agit d'appréhender non plus comme des formes, mais à partir des éléments constitutifs de ces formes (segments, etc...) et des relations entretenues entre ces différents éléments (perpendicularité, etc...)

- les possibilités de déplacement et de rotation des figures peuvent servir à illustrer la *résistance* des descriptions produites au problème d'orientation des figures. Aussi, les déplacements potentiels des sous-figures constitutives des figures sont susceptibles d'illustrer la nécessité de décrire avec précision les positions relatives de ces sous-figures.
- le mesurage des côtés des figures (carrés, rectangles, triangles) n'est pas le but ici et les descriptions à produire doivent s'en dédouaner. Les possibilités de redimensionnement des figures offertes par le logiciel peuvent ainsi a minima illustrer la *résistance* des descriptions au redimensionnement.
- la stabilisation d'un vocabulaire géométrique adapté est un des enjeux de la situation. La possibilité offerte par le dispositif¹⁴ de rendre publics les travaux de description des élèves et d'éprouver collectivement leur validité est susceptible de participer à cet enjeu de la situation

Seconde étude : l'architecture fondamentale du jeu

La documentation à destination de l'élève

Elle comprend un document dans lequel figurent l'identité de l'élève (à renseigner), le codage des questions et pour chacune d'elles, un cadre alloué à leur résolution. Ce document, ramassé par l'enseignante à l'issue de la séance, permet de vérifier et évaluer le travail accompli par chaque élève (en particulier, en vue d'une remédiation éventuelle à construire pour certains élèves éprouvant des difficultés)

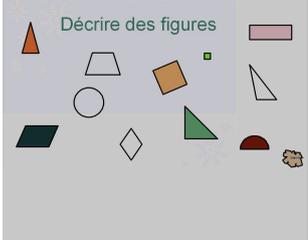
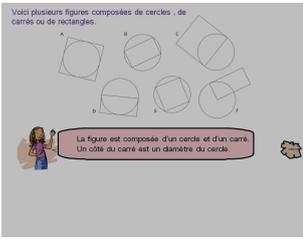
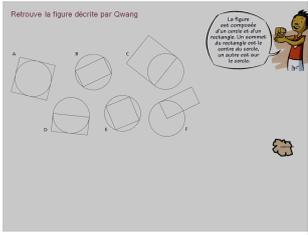
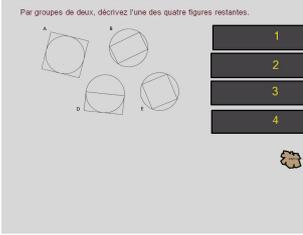
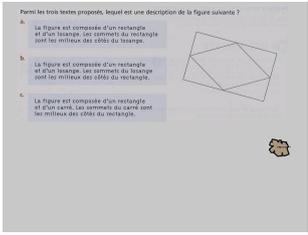
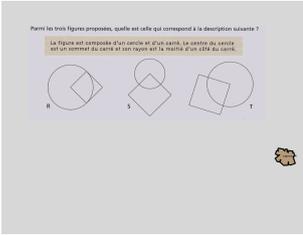
Nom :
Prénom :
Q1
Q2
Q3

La documentation à destination du tableau numérique

Elle comprend un paperboard constitué de huit pages

PAPERBOARD

14. La classe étant équipée d'un visualiseur de documents

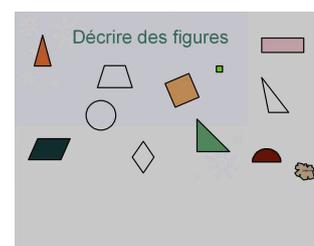
PAGE N°1	PAGE N°2
<p>La première page comprend un premier lot de figures simples accompagné d'une consigne de description</p> 	<p>La seconde page du paperboard comprend un second lot de figures (complexes). Il s'agit de retrouver la figure du lot qui correspond à la description affichée à l'écran</p> 
PAGE N°3	PAGE N°4
<p>La troisième page reprend le même dispositif que la précédente avec le même lot de figures et une nouvelle description donnée.</p> 	<p>Apparaît la consigne suivante à l'écran : "par groupes de deux, décrivez l'une des quatre figures restantes". Sont également présents quatre caches qui dissimulent chacun de nouvelles instructions.</p> 
PAGE N°5	PAGE N°6
<p>Cette cinquième page laisse apparaître une figure et trois descriptions. Il s'agit de déterminer celle qui correspond à la figure présente à l'écran</p> 	<p>Trois figures et une description sont données, il s'agit de retrouver la figure qui correspond à la description fournie</p> 
PAGE N°7	PAGE N°8

<p>Une figure et une description à compléter de cette figure apparaît à l'écran. Des étiquettes de mots déplaçables sont données pour réaliser ce travail.</p>	<p>La description d'une figure est donnée. Un cache dissimulant une consigne apparaît à l'écran.</p>
--	--

L'architecture fondamentale du jeu

Notons en préambule que la conception du paperboard a été conduite à partir d'une leçon extraite du manuel de la classe¹⁵, c'est à dire à partir d'une ressource embarquant des choix didactiques et donc d'une certaine façon son architecture fondamentale propre. Nous enrichissons dès lors et dès que cela est rendu possible l'analyse de l'architecture fondamentale du jeu pensée par l'enseignante en l'apposant à celle proposée par le manuel, et en pointant les éventuelles modifications et reconfigurations réalisées par l'enseignante pour penser le jeu dans la classe et sa gestion avec l'outil TBI. Huit phases distinctes apparaissent dans l'architecture fondamentale du jeu sont déclinées chacune dans une page du paperboard :

- une première page dévoile une planche de figures qui n'apparaît pas dans le manuel servant de support à la conception du paperboard. Cette page s'inscrit dans un épisode d'institution du jeu et poursuit plusieurs enjeux. D'une part, elle permet de réactiver les situations de descriptions de figures (déjà rencontrées par les élèves). D'autre part, les figures présentes sur cette page sont pour les unes directement nommables par les élèves (carré, triangle, etc...), pour les autres pas encore connues par leur nom (parallélogramme, trapèze) : il s'agit de pointer l'économie de la technique de désignation d'une figure par son nom quand cela est possible, et dans le même temps, de souligner que cette technique n'est parfois pas suffisante¹⁶. Cette première page s'inscrit ainsi dans une tentative de préparation et de motivation de l'étude à venir¹⁷.
- les deux pages suivantes reprennent à l'identique le projet du livre de la classe. Rappelons que l'un des enjeux est l'identification et la description des positions relatives des



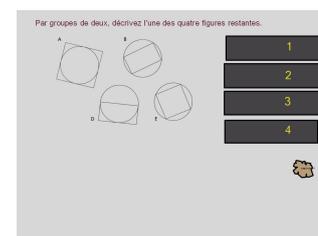
15. Euro Math Edition 2009, Hatier

16. Le parallélogramme et le trapèze, dont les noms sont inconnus des élèves de ce niveau de classe, sont choisis par l'enseignante pour pointer cette insuffisance

17. En particulier, en rendant disponible la désignation d'une figure par son nom dès que cela est possible

sous-figures. Les images présentes à l'écran sont scannées du manuel ce qui interdit tout degré de mobilité des figures. En particulier, les déplacements potentiels des sous-figures constitutives des figures à décrire qui pourraient permettre de pointer la nécessité de décrire avec précision les positions relatives de ces sous-figures ne sont pas ici envisagés. Notons cependant que pour disposer d'un tel degré de mobilité des figures au sein de l'environnement TBI, il s'agirait de conduire une activité de conception nettement plus coûteuse, nécessitant *a minima* de dissocier les images textuelles des images des figures mais également en réglant le problème de la transparence¹⁸ des figures pour disposer de sous-figures mobiles fonctionnelles.

- la quatrième page du paperboard reprend également l'architecture fondamentale du manuel. Les consignes dissimulées sous les caches reprennent le scénario proposé dans le guide du maître du manuel de la classe en organisant un travail par groupes de façon à ce que les élèves puissent échanger sur les manières de dire ce qu'ils voient. En revanche, la mise en commun des différentes propositions des textes produits, suggérée par ce même guide,



ne semble pas être pensé dans l'architecture fondamentale du jeu prévue par l'enseignante. Notons cependant que compte tenu de l'éco-système numérique présent dans la classe (visualiser de documents, pages aisément insérables dans le paperboard...), cette phase de mise en commun pourrait être organisée aisément dans le déroulement effectif du jeu en cas de nécessité éprouvée par l'enseignante. Elle participe ainsi aux marges de manoeuvre offertes à l'enseignante et laissées à la contingence du jeu *in situ*.

- les pages suivantes reprennent également le manuel et comme précédemment, leur conception n'autorise pas le déplacement des figures. Dans l'avant dernière page, des étiquettes déplaçables sont de plus prévues pour compléter le texte descriptif.

Troisième étude : l'analyse critériée de l'activité de conception

Critère n° 1 : l'utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau

La conception est conduite intégralement dans l'environnement auteur du logiciel à partir de d'une ressource disponible : le manuel de la classe. Si les fonctionnalités utilisées demeurent rudimentaires (texte, dessin, éléments de la bibliothèque de ressources du logiciel, éléments déplaçables), leur usage est mis au service de la reconfiguration de la ressource manuel ayant servi de support à la conception. Deux directions en particulier sont investies dans cette reconfiguration au sein de l'environnement TBI : d'une part, la première page du paperboard correspond à un enrichissement et une tentative de justification de la raison d'être de cette nouvelle étude dans la classe, ce sont les ressources internes du logiciel (les figures disponibles dans la bibliothèque de figures du logiciel) qui sont utilisées dans cette conception (même si elles souffrent de leur aspect quelque peu "prototypique"); d'autre part, c'est la conception de caches (à partir d'un détournement de l'utilisation de figures rectangulaires et de l'usage des couches de transparence) qui permet à l'enseignante un contrôle sur la

¹⁸. Ce problème a été évoqué dans le chapitre de la thèse relatif à l'étude de l'objet technique TBI

diffusion des consignes à la classe. C'est plus globalement une activité de conception au service de l'amélioration de la gestion didactique de la ressource manuel qui est réalisée au sein de l'environnement. Elle s'inscrit dans une perspective d'amélioration de la gestion des moments d'institution et d'institutionnalisation des jeux en classe.

Critère n° 2 : complémentarité de la documentation construite pour la classe.

La documentation à destination des élèves se cantonne à un espace dédié à la récupération de leur activité. L'ensemble des énoncés est uniquement présent dans la documentation à destination du tableau. Cette configuration retenue par Frédérique répond à des besoins pragmatiques de place disponible sur le bureau des élèves ("*c'est un gain de place, ils n'ont pas à sortir leur manuel*"). Elle permet également une plus grande disponibilité de la classe dans la gestion de différents moments de l'étude ("*les caches par exemple, les élèves regardent le tableau et ils regardent là où je veux qu'ils regardent*"). De ce point de vue, si Frédérique associe TBI et motivation augmentée des élèves, *in fine*, ce sont aussi des techniques de conception mises en oeuvre par cette enseignante qui alimentent cette motivation et qui dans une certaine mesure forcent une centration de l'attention des élèves au tableau. Ce sont également des techniques de conception qui permettent une avancée collective dans l'étude et une diffusion des consignes à un rythme choisi et contrôlé par l'enseignante. Dans le même temps, cette configuration didactique souffre de quelques écueils : privés de moyen d'action sur les figures (mesurage, relations entre éléments constitutifs de la figure), les élèves sont engagés dans une vérification perceptive de la nature des figures et des relations entre elles, sans possibilité de recours aux instruments (potentiellement problématique dans une transition entre géométrie perceptive et géométrie instrumentée caractéristique de ce niveau d'enseignement). Notons que le milieu offert par l'outil pourrait en partie pallier cette absence, en envisageant l'usage d'instruments virtuels.

Critère n° 3 : nouveauté de la situation étudiée.

Cette situation est extraite du manuel de la classe. Elle ne présente donc pas fondamentalement de caractère de nouveauté, en particulier, les choix aménagés du parcours de l'étude sont conformes à ceux préconisés par le guide du maître. Est pensée néanmoins par l'enseignante une entrée dans l'étude non prévue dans le manuel qui permet de remobiliser des connaissances anciennes et préparer l'étude à venir. En revanche, c'est du côté des choix aménagés du parcours de l'étude que s'expriment plus volontiers l'appréciation de la nouveauté. L'activité de conception de Frédérique, pensée en termes de "découpage" des tâches, rend compte d'une réelle anticipation des jeux et de la manière de les réguler. Elle permet dès lors l'accès à une certaine variété du côté des types de tâches mathématiques envisagées dans la situation retenue par l'enseignante, en un temps relativement court et de façon assez souple.

Critère n° 4 : possibilités de changement de cadres et/ou de registres.

Sans nécessairement parler ici de conversion de registres, ce sont a minima les potentialités de l'outil en terme de déplacement de figures et de mobilité des sous-figures qui ne sont pas exploitées ici mais dont nous avons souligné précédemment que leur disponibilité au sein de

l'environnement TBI nécessiterait un coût de conception plus élevé.

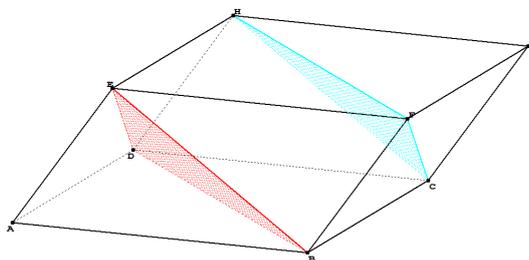
Critère n° 5 : Critère n° 5 : place accordée à l'élève

D'une part, des éléments textuels rendus déplaçables témoignent de l'aménagement d'un espace d'accueil du travail de l'élève. D'autre part, l'adaptation proposée par l'enseignante de la ressource manuel (avec la première page du paperboard proposant une tentative de motivation de l'entrée dans cette nouvelle étude) souligne également une prise en compte de l'élève dans le travail de conception de la ressource TBI.

Un exemple de conception de Jean-Charles

Première étude : regard sur la situation mathématique

La situation à l'étude dans une classe de seconde de lycée général propose, un parallélépipède étant donné, de déterminer l'intersection d'une de ses grandes diagonales avec deux plans parallèles donnés, chacun de ces deux plans étant déterminé par trois sommets du parallélépipède. Une technique classiquement utilisée à ce niveau d'enseignement pour déterminer l'intersection d'un plan Q et d'une droite d consiste en l'utilisation d'un plan intermédiaire, contenant la droite d et sécant au plan Q (suivant une droite d'), l'intersection cherchée étant alors l'intersection de d et d' .



Différents jeux potentiels organisant l'étude sont possibles, et en particulier, deux d'entre eux, d'une certaine façon orthogonaux du point de vue de l'organisation du parcours peuvent être envisagés : l'un exploitant dès l'entrée dans l'étude les potentialités offertes par un logiciel de géométrie dynamique comme lieu d'une approche expérimentale, afin de conjecturer les positions relatives des intersections recherchées, et d'examiner des plans de travail dans lesquels il serait pertinent de conduire l'étude afin de "remonter" les étapes nécessaires à la démonstration de la conjecture énoncée et *in fine* conduire cette démonstration ; l'autre proposant une étude plus *linéaire*, orchestrant la rencontre avec les différentes étapes à conduire pour démontrer le résultat attendu. Les autres jeux potentiels peuvent alors être regardés comme investissant l'espace laissé libre par ces deux précédents jeux.

Reste que, quel que soit le jeu retenu, de nombreuses difficultés sont susceptibles de jaloner cette étude¹⁹. Sans entrer dans le détail, ce sont d'une part des difficultés d'une certaine

19. Ceci est d'autant plus prévisible que la rencontre avec ce type de tâche est une nouveauté pour les élèves de ce niveau et, plus généralement, la part dévolue à l'enseignement de la géométrie dans l'espace dans le curriculum des élèves de lycée apparaissant aujourd'hui restreinte.

manière inhérentes à ce domaine d'étude : le rapport au dessin devient problématique du fait des conflits entre le "voir" et le "savoir" liés à la géométrie tridimensionnelle. Il s'agit dès lors de produire un raisonnement qui doit venir d'une certaine façon compenser le défaut de visualisation. Ce sont également des difficultés liées à la mise en oeuvre de la technique permettant de déterminer l'intersection d'une droite et d'un plan (il ne s'agit cependant pas ici d'une première rencontre avec cette technique pour les élèves de la classe). Ce sont aussi différentes connaissances et techniques plus anciennes à remobiliser (technique permettant de démontrer le parallélisme de deux plans, propriétés du parallélogramme, etc...)

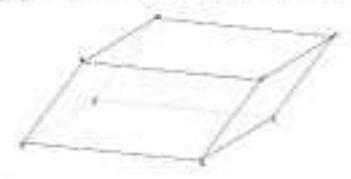
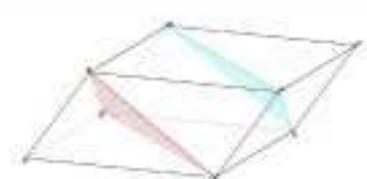
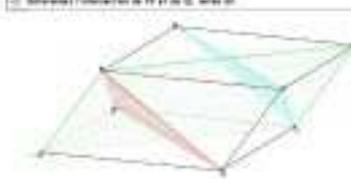
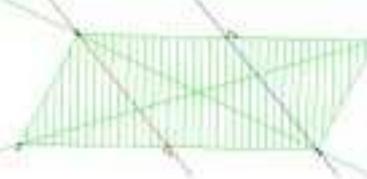
Concernant les potentialités offertes par l'écosystème numérique, a minima le recours à l'usage d'un logiciel de géométrie tridimensionnel, serait susceptible d'enrichir la seule fonction illustrative du dessin (pour illustrer le problème ou encore pour illustrer une réponse au problème) au profit d'une fonction d'expérimentation, liée à l'interprétation du dessin et soutenue par des propriétés de *résistance au déplacement* et de changement de point de vue qu'offre ce type de logiciels : ainsi, si l'observation visuelle des formes est peu fiable, l'observation du déplacement de ces mêmes formes suscite moins de doute quant aux propriétés de la figure. Aussi, des déplacements de la figure peuvent être mis au service de la recherche de plans de visualisation permettant d'augmenter le degré de certitude des conjectures émises en même temps que d'aider aux choix de plans dans lesquels conduire la preuve géométrique attendue (par exemple une visualisation du solide avec pour plan de projection le plan Q). Enfin, les possibilités offertes de mesure de longueurs peuvent soutenir les conjectures d'égalités demandées.

Seconde étude : l'architecture fondamentale du jeu

La documentation à destination de l'élève

Elle comprend le document suivant de quatre pages. La première page présente l'ensemble de l'étude et l'ensemble des questions à traiter pour la conduire. Les pages suivantes reprennent successivement ces différentes questions. Apparaît sur chacune d'elles une figure qui servira de support à la résolution des questions posées. L'intégralité du document est distribuée aux élèves au début de l'étude. Notons enfin que c'est un document noir et blanc dont les élèves disposent (une photocopie "noir et blanc" du document présenté ci-dessous)

Documents destinés aux élèves	
<i>page n° 1</i>	<i>page n° 2</i>

Documents destinés aux élèves	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Traces d'écrits : = la diagonale d'un parallélogramme =</p> <p style="font-size: small; margin: 0;">Soit ABCDEFH le parallélogramme. OMI une de ses diagonales. P le point (MO) et P' le point (MP).</p> </div>  <p style="font-size: x-small;"> P' Montre que P' et P' sont deux plans parallèles. P' Que p' sont deux rectangles pour (MO) et P' et (MP) et P' ? P' Pour démontrer votre conjecture, on va utiliser une méthode classique dans ce cas : à deux représentants l'intersection d'un droite D passant à un plan P, le plan et plan Q contenant D, passant à P passant une droite s : ainsi le point d'intersection de D avec P est le point d'intersection de D avec s = ... Représente le plan Q (ABC) a) Montre que (MO) et Q. b) Détermine l'intersection de P' et de Q, notez d1. c) Détermine l'intersection de P' et de Q, notez d2. d) Représente la section du solide par Q et recoupe dans votre espace pour démontrer le point d'intersection I de (MO) avec d1 et J de (MO) avec d2. e) Montre que AI=CI = d1/2 et que que AJ=BJ= d2/2. </p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="font-size: x-small;"> P' Montre que P' et P' sont deux plans parallèles. P' Que p' sont deux rectangles pour (MO) et P' et (MP) et P' ? </p> </div> 
page n° 3	page n° 4
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="font-size: x-small;"> P' Pour démontrer votre conjecture, on va utiliser une méthode classique dans ce cas : à deux représentants l'intersection d'une droite D passant à un plan P, le plan et plan Q contenant D, passant à P passant une droite s : ainsi le point d'intersection de D avec P est le point d'intersection de D avec s = ... Représente le plan Q (ABC) </p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="font-size: x-small;"> a) Montre que (MO) et Q. b) Détermine l'intersection de P' et de Q, notez d1. c) Détermine l'intersection de P' et de Q, notez d2. </p> </div> 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="font-size: x-small;"> d) Représente la section du solide par Q et recoupe dans votre espace pour démontrer le point d'intersection I de (MO) avec d1 et J de (MO) avec d2. e) Montre que AI=CI = d1/2 et que que AJ=BJ= d2/2. </p> </div> 

La documentation à destination du tableau numérique

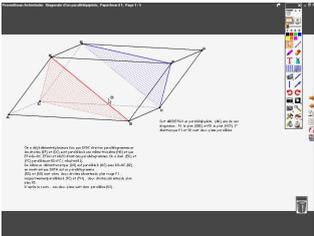
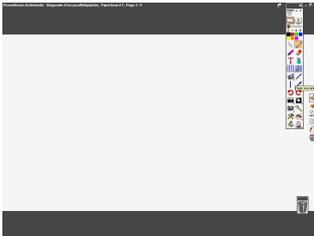
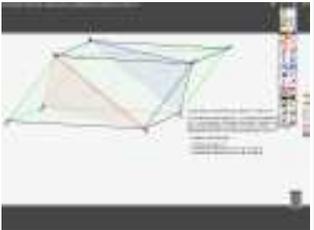
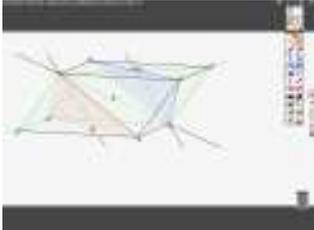
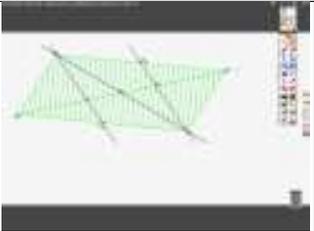
Elle comprend deux documents numériques : un fichier de géométrie dynamique tridimensionnelle (geospace) et un paperboard (environnement autour du TBI)

Le fichier de géométrie dynamique tridimensionnelle

Fichier Géospace	
	<p>Est représenté dans ce fichier le parallélépipède et deux plans colorés (les deux plans dont il s'agira de démontrer qu'ils sont parallèles.</p>

Le paperboard

Cinq pages composent le paperboard construit pour la séance

PAPERBOARD	
PAGE N°1	PAGE N°2
<p>La première page comprend le parallélépipède et les deux plans colorés. La question du parallélisme de ces deux plans est posée et sa démonstration rédigée.</p> 	<p>La seconde page du paperboard est une page blanche.</p> 
PAGE N°3	PAGE N°4
<p>La question de la conjecture de l'intersection de la grande diagonale avec les deux plans est posée et la méthode est rappelée. Le plan Q est dessiné sur la figure.</p> 	<p>Le parallélépipède, les deux plans colorés et le plan Q sont à l'écran. Deux droites contenues chacune dans les deux plans colorés et servant à la démonstration sont représentées.</p> 
PAGE N°5	
<p>Le plan Q est représenté seul et dans une vue de face.</p> 	

L'architecture fondamentale du jeu

Rappelons que dans l'architecture fondamentale du jeu, la documentation à destination de l'élève est distribuée dès l'entrée dans l'étude, divulguant à la classe d'emblée l'ensemble de la chronique des différents jeux à jouer pour conduire l'étude. Dès lors, si une ressource de géométrie dynamique est présente dans la documentation numérique, ce sont des fonctionnalités illustratives de cette dernière qui sont d'abord pensées par l'enseignant, le travail potentiel d'expérimentation susceptible d'être conduit avec cette ressource étant dévoilé dans la do-

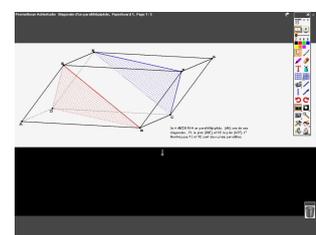
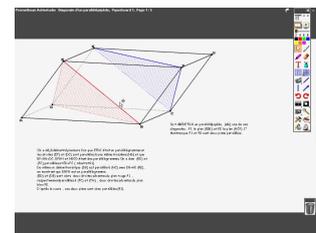
cumentation élève. C'est d'ailleurs conformément à cet usage qu'est introduit dans le jeu le logiciel de géométrie, en début de séance, pour instituer la situation à l'étude. Aucun usage des déplacements possibles de la figure dans cet environnement ne sera d'ailleurs fait et cette ressource disparaîtra dès les premières minutes de classe, au seul profit du paperboard construit par l'enseignant. Trois phases distinctes apparaissent dès lors :

- La première page du paperboard reproduit la deuxième page de la documentation à destination des élèves. C'est une figure géométrique statique qui est reproduite à l'écran, susceptible d'être annotée. Elle s'inscrit dans un épisode d'institution et de dévotion du premier jeu relatif à la conduite de la démonstration du parallélisme des deux plans.

La correction à cette question est présente sur cette page, dissimulée derrière un cache, anticipant l'institutionnalisation du jeu initié.

- La seconde page du paperboard est une page blanche, elle correspond à une alternative dans la gestion de l'institutionnalisation du jeu, servant à recevoir une correction manuscrite de la question posée. C'est cette alternative qui sera d'ailleurs retenue par l'enseignant.

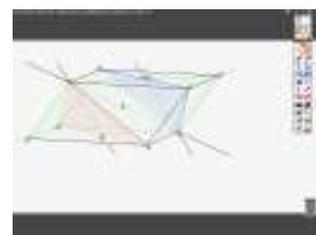
- Les trois dernières pages sont construites sur un même modèle. Chacune d'elles reprend les figures de la documentation élève. Elles permettent d'instituer chaque nouveau jeu de l'étude (conjecture, intersection de la grande diagonale avec les plans, égalités de longueur) et servent de support à l'institutionnalisation de ces différents jeux.



Troisième étude : l'analyse critériée de l'activité de conception

Critère n° 1 : l'utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau.

La conception du paperboard est ici entièrement externalisée : l'ensemble des éléments présents sur chacune des pages du paperboard a été produit par des logiciels tiers (word et géospace), rapatriés dans le paperboard par copier-coller.



Critère n° 2 : complémentarité de la documentation construite pour la classe

La documentation à destination du tableau apparaît extraite de la documentation à destination de l'élève. Concernant le logiciel de géométrie dynamique, son usage n'est requis que très partiellement en début de séance (il est ici avant tout utilisé dans la conception de la documentation élève). C'est ainsi un milieu à disposition des élèves quasi-identique au milieu visible au tableau, servant conformément à la pratique décrite par Jean-Charles, à instituer et institutionnaliser les différents jeux ponctuant la situation à l'étude. En particulier, l'usage du LGD qui pourrait venir possiblement enrichir le potentiel de rétroaction

du milieu visible à l'écran n'apparaît pas exploité dans ce scénario prévu de l'étude.

Critère n° 3 : nouveauté de la situation étudiée

La situation étudiée ici ne présente pas de caractère de nouveauté, ni dans son élaboration, ni dans les choix aménagés du parcours de son étude. C'est un scénario dont la proximité avec un scénario "papier-crayon" est évidente. Comme nous l'avons précédemment pointé, le recours à un environnement logiciel de géométrie tridimensionnelle est très épisodique et son usage en début de l'étude sert avant tout des intentions illustratives.

Critère n° 4 : possibilités de changement de cadres et/ou de registres

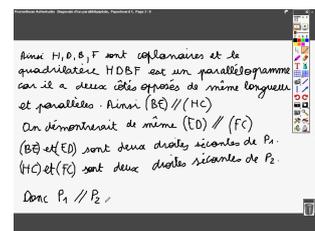
Sans parler nécessairement ici de changements de cadres ou de registres, mais plus conformément avec le domaine mathématique de l'étude, de changements de point de vue espace-plan, il apparaît néanmoins que ces possibilités ne sont pas ici exploitées. Ces changements de point de vue apparaissent ici plutôt pris en charge par l'enseignant dès la conception du jeu à travers la documentation élève, nous y revenons dans le critère suivant.

Critère n° 5 : Critère n° 5 : place accordée à l'élève

La présence de l'élève dans l'activité de conception de Jean-Charles est avant tout visible dans l'aménagement d'un espace d'accueil des preuves attendues dans lequel coexiste la figure géométrique permettant de soutenir ce travail rédactionnel.

Cette intention sera d'ailleurs problématique dans la gestion d'un des jeux joués effectivement en classe : le manque de place alloué à l'écrit obligera la création d'une nouvelle page et l'impossibilité de rapatrier la figure sur cette nouvelle page conduira à un épisode rédactionnel sans support de la figure (image ci-contre).

Cette présence est également visible dans la mise en place d'une alternative dans la gestion de l'institutionnalisation du premier jeu (avec la rédaction de la preuve présente au tableau sous un cache). C'est l'anticipation par l'enseignant du degré de difficulté éprouvé par les élèves dans ce travail rédactionnel qui s'exprime ici : in fine, devant la difficulté révélée, le choix de l'enseignant sera de ne pas dévoiler cette correction mais de conduire sa rédaction aidé d'un élève au tableau.



Un exemple de conception de Christophe

Première étude : regard sur la situation mathématique

La situation proposée dans une classe de première année de CAP²⁰ (Certificat d'Apprentissage Professionnel) consiste en une reprise d'étude de la notion de symétrie (axiale et centrale) étudiée dans les classes antérieures. Certaines contraintes spécifiques pesant sur l'enseignement de ce thème dans ce cursus particulier de CAP, font que nous en disons brièvement un mot ici. Notre but est d'éclairer en amont quelque peu les choix de conception, organisateurs de cette reprise d'étude. D'une part, les attentes institutionnelles à ce niveau

20. Le CAP est une formation diplômante se déroulant sur deux années après le collège. Différentes spécialités de CAP existent, celle suivie par les élèves de cette classe est la spécialité *menuiserie et taille de pierre*

d'enseignement en terme de lien entre médiatrice, bissectrice et axe de symétrie différent de celles du collège : ce lien explicite est absent du référentiel (et cela même si la médiatrice d'un segment demeure un objet d'étude dans ce même référentiel) et ce sont des exigences tournées vers la reconnaissance d'axes ou de centres de symétrie de figures qui s'expriment avant tout. D'autre part (et par voie de conséquence), la relation entre *des figures symétriques par rapport à un axe et l'axe de symétrie d'une figure* et la relation entre les couples " F : figure-objet" et " F' : figure-image" qu'elle induit (en particulier, cette relation n'apparaît qu'à celui ou celle pour qui un couple (F, F') a un sens²¹) semble être laissée à la charge de l'enseignant pour trouver une possible cohérence²² de l'enseignement de cette notion. La situation mathématique proposée à l'étude décline les trois types de tâches suivantes. Il s'agit :

- de reconnaître des figures symétriques - par rapport à un axe ou par rapport à un centre - à partir d'un support photographique,
- de repérer et construire les axes et les centres de symétrie présents sur ce même support,
- de construire le symétrique d'une figure géométrique donnée (par symétrie centrale et axiale) dans le but de reproduire un "*motif*" identifié sur le support photographique. Ce dernier type de tâche convoque un autre type de tâche relatif à la détermination des axes de symétrie nécessaires à la construction du "*motif*" (seul le centre de symétrie est fourni).

Notons enfin la présence d'une dernière question invitant les élèves à nommer et écrire les formes photographiées.



Support photographique retenu par l'enseignant

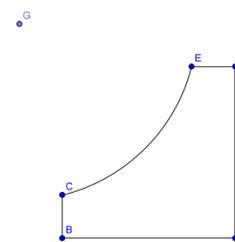


Figure géométrique à compléter pour reproduire un "*motif*" présent sur la photographie

21. Plus précisément, si l'on note F une figure et F' son image par S , le fait de pouvoir individualiser F d'une part, F' d'autre part, favorise la recherche d'axe ou de centre de symétrie. Il donne en effet accès à des indications pour déterminer l'axe ou le centre de symétrie, indications manquantes lorsque $F=F'$. Dans le cas où $F=F'$, ce sont les propriétés de la symétrie qui deviendront des propriétés de la figure F elle-même.

22. Notons qu'au collège, un choix possible est de faire apparaître le cas où $F = F'$ comme "cas limite" d'une famille de cas où $F \neq F'$. En primaire en revanche, c'est un choix inversé qui semble retenu institutionnellement.

Ces différents types de tâches déclinés dans cette situation soulèvent diverses difficultés potentielles (relevant à la fois du support utilisé et plus largement des spécificités de la reprise d'étude de ce thème). Nous en listons quelques unes dans cette analyse préalable. Rappelons ici encore qu'il ne s'agit pas de disqualifier cette situation *a priori* mais bien de relever les difficultés potentielles dans sa gestion. Ces difficultés peuvent *in fine* s'ériger dans l'architecture fondamentale du jeu retenue par l'enseignant, comme potentielles richesses, et à tout le moins, cette analyse préalable nous permet d'examiner leur éventuelle prise en compte dans l'analyse fondamentale du jeu qui suivra.

- de manière assez immédiate, le type de support utilisé (les photographies de jardin à la française et le point de vue adopté sur ces clichés) impliquent des effets de déformation dont il s'agit de faire abstraction pour identifier des figures symétriques. Dans le même ordre d'idée, la prise d'indices nécessaire à la construction des axes de symétrie ne peut prendre appui sur le repérage de relations d'orthogonalité ou encore d'autres indices qualitatifs de conservation de longueur, d'angles... (la transformation à l'oeuvre sur la photographie s'apparente en effet à une perspective conique dont les invariants sont rares : elle ne conserve ni le parallélisme, ni le rapport des longueurs de segments parallèles. En revanche, elle conserve l'alignement des points - ainsi que le rapport anharmonique de quatre points alignés - qui apparaît être une des seules propriétés susceptibles de servir une construction "exacte" des axes de symétrie - à tout le moins si une telle exigence existe, ce qui paraît ici peu probable).
- une seconde difficulté découle de la formulation des consignes engageant les élèves dans la recherche de figures symétriques. Une double ambiguïté est à l'oeuvre :
 - d'une part, les élèves sont d'une part invités, à partir des images photographiées, à "*surligner de la même couleur les formes qui se répètent*". Si ce sont les formes isométriques (à une transformation déformante près...) qui apparaissent en premier lieu concernées ici, des formes homothétiques ou encore des formes d'allure à peu près semblables au sens commun sont susceptibles d'être identifiées dans les photographies à l'étude.
 - d'autre part, il s'agit également pour les élèves de "*surligner les motifs symétriques*". Cette dernière formulation ne précise pas s'il s'agit de motifs globalement invariants, ou de motifs symétriques l'un par rapport à l'autre.
- Notons enfin, dans le parcours d'étude proposé, que si jusqu'alors, des procédures globales auront permis de reconnaître des figures symétriques (à partir des photographies), la construction du symétrique d'une figure géométrique donnée est susceptible d'engager des procédures de construction analytiques ou semi-analytiques²³,

23. Nous reprenons ici les travaux de thèse de Lema (Lema, 2006, p50) qui qualifie la construction de l'image d'un segment d'analytique si cette image est obtenue après construction des deux extrémités et de construction semi-analytique si une seule extrémité image est construite et le segment image obtenu ensuite "au jugé". Notons que contrairement à Lema, dans notre propos, les procédés

renvoyant à des connaissances et des techniques instrumentées plus anciennes relevant du collège. En particulier, la technique de construction des axes de symétrie, dans toute sa généralité, peut convoquer l'identification de couple de points symétriques. Cependant, la position prototypique des axes à déterminer laisse une place à d'autres techniques.

Seconde étude : l'architecture fondamentale du jeu

La documentation à destination de l'élève

Elle comprend le document suivant regroupant les différentes questions à l'étude. Un espace libre pour accueillir les réponses des élèves est laissé

I. **Activités**

En utilisant l'image ci-dessous, surligner de même couleur les formes qui se répètent





2. A partir des jardins, écrire le nom des formes photographiées :

Tracer un axe de symétrie pour un des motifs représentés et surligner en rouge les motifs symétriques

Tracer un centre de symétrie pour le premier jardin et surligner les motifs symétriques

II. **Activité 2**

Le dessin ci-dessous représente une forme du jardin de la photo 1

A partir du dessin ci-dessous, représenter le jardin partie extérieure de la photo 1



page n° 1
page n° 2
page n° 3

La documentation à destination du tableau numérique

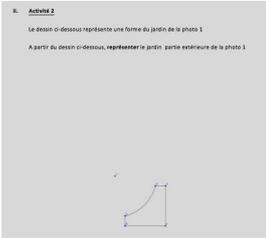
Elle comprend deux documents numériques : un document word (environnement externe à l'environnement auteur du TBI), un fichier de géométrie dynamique (géogebra).

Le paperboard

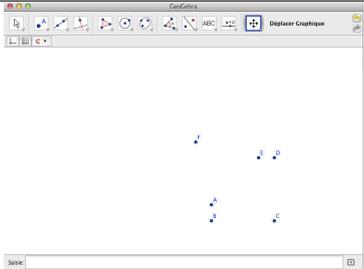
Le paperboard est constitué du document word distribué aux élèves. Il ne s'agit pas à proprement parler d'un paperboard (environnement auteur de l'outil), mais d'un document word préalablement conçu, projeté à l'écran et sur lequel des possibilités d'annotation sont offertes. Ce mode de fonctionnement diffère quelque peu de celui d'un paperboard dans le sens où toute trace écrite apposée sur ce document n'est pas pérenne : elle disparaît dès lors que la main sur le logiciel de traitement de texte (word) est reprise (par exemple lorsqu'il s'agit d'utiliser la barre de défilement du logiciel word pour faire apparaître la suite du document, les traces écrites apposées au tableau disparaissent ²⁴)

de construction semi-analytiques peuvent conduire à des tracés exacts, en s'appuyant sur des propriétés qualitatives de la symétrie (et par exemple, pour le cas d'un segment, que l'angle formé par le segment et l'axe de symétrie est le même que celui formé par son image et l'axe...)

24. Car elles sont stockées sur une sur-couche indépendante du logiciel word

PAPERBOARD	
PAGE N°1	PAGE N°2
<p>La première page reprend l'énoncé de la première question et reproduit le support photographique à l'étude.</p> 	<p>La seconde page est constituée du second support photographique et des questions suivantes de l'étude.</p> 
PAGE N°3	
<p>La troisième page présente la seconde activité de construction des symétriques d'une figure donnée</p> 	

Le fichier de géométrie dynamique

Fichier Géogébra	
	<p>Le fichier géogébra reprend la figure à compléter pour obtenir un motif du jardin. Le support est cependant différent de celui sur lequel les élèves ont travaillé : est affiché un repère orthogonal quadrillé sur lequel les points du motif sont tracés mais ne sont pas reliés</p>

L'architecture fondamentale du jeu

Dans l'architecture fondamentale du jeu pensée par l'enseignant, trois phases apparaissent et correspondent au traitement des trois questions posées dans le document à destination des élèves. Compte tenu du mode de fonctionnement envisagé de l'outil TBI (non pérennité des traces écrites), c'est globalement un support vidéoprojeté qui s'inscrit dans le déroulement linéaire de l'étude, conforme à celui des élèves et plus volontiers pensé pour instituer et corriger les différents jeux successifs initiés par les élèves à partir de leurs documents.

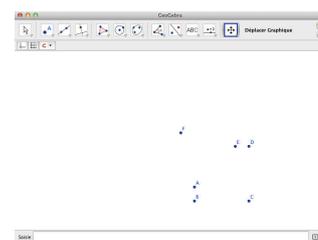
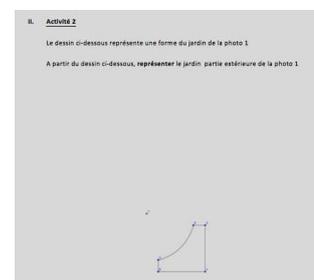
- Les deux premières pages sont construites sur le même format et mettent à disposition de la classe des agrandissements des photographies sur lesquelles il est possible d'annoter. Notons, en premier lieu, que compte tenu des supports photographiques choisis, les potentialités de déplacement de figures²⁵ offertes par le logiciel et qui pourraient servir la régulation

25. Retournement, demi-tour...

des jeux sont inopérantes (en outre, aucune représentation géométrique non déformée des jardins et qui pourrait lever cette contrainte, n'est prévue pour venir enrichir le milieu du tableau). Cependant, il ne s'agit pas dans notre propos de disqualifier ce type d'entrée dans l'étude. L'architecture fondamentale du jeu pensé par l'enseignant semble ici privilégié la mise à disposition publique des photographies facilitant une action conjointe enseignant-classe sur ces supports photographiques. En particulier, le fait de disposer publiquement de ces représentations photographiques dans une certaine mesure "non fidèles" est potentiellement riche dans la construction du jeu : en identifiant les propriétés de symétrie qu'elles devraient avoir et dont elles sont dépourvues permet potentiellement de travailler en retour les propriétés des symétries axiales et centrales.

- Concernant la troisième page du paperboard, présentant le même support que celui des élèves, elle offre possiblement un espace pour accueillir les constructions géométriques demandées. Il apparaît cependant que la ressource LGD soit également pensée comme pouvant assumer la même fonction. C'est dès lors l'entrée dans le jeu (et la chronologie d'entrée) de ces deux ressources envisagées comme support de correction des tracés géométriques qu'il est possible de questionner dans l'architecture fondamentale. La ressource LGD diffère quelque peu de la ressource à destination des élèves. Est tracé dans le fichier *géogébra* un repère orthogonal quadrillé dans lequel les sommets du motif sont tracés mais sans être reliés entre eux. C'est un processus de construction analytique (point par point) qui semble donc être privilégié dans cette ressource, d'autant que le logiciel dispose d'une macro *construction du symétrique d'un point* à cet effet.

C'est dès lors une distance possiblement grande entre les procédures de constructions mis en oeuvre par les élèves (qui peuvent ne pas se réduire à des procédures analytiques) et celle mise en scène dans l'usage de cette ressource qu'il est possible de pointer. Un usage premier de cette ressource LGD comme support de correction risque donc d'alimenter cette distance. En revanche, la ressource paperboard, présentant le même support que celui des élèves (*ie* le motif tracé globalement) est susceptible d'accueillir différents procédés de construction (notamment à l'aide des instruments virtuels disponibles). Son entrée dans le jeu en amont de la ressource LGD pourrait alors être exploitée pour assurer un passage entre les procédures globales et semi-analytiques de construction de symétriques et la procédure analytique de construction envisagée dans la ressource LGD.



Troisième étude : l'analyse critériée de l'activité de conception

Critère n° 1 : l'utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau La conception de la documentation à destination du tableau est ici entièrement externalisée

(logiciel de traitement de texte, LGD). Le mode de fonctionnement de l'outil retenu est dès lors la possibilité qu'il offre d'annoter ces logiciels tiers.

Critère n° 2 : complémentarité de la documentation construite pour la classe

La documentation à destination du tableau est identique à celle des élèves. Une ressource LGD vient cependant enrichir l'environnement du TBI. C'est donc un milieu à disposition des élèves quasi-identique au milieu visible au tableau, servant l'institution et l'institutionnalisation des différents jeux ponctuant l'étude. Certaines fonctionnalités de l'outil (déplacement, rotation, etc...) pouvant possiblement enrichir le milieu offert par le tableau (validation des procédures, etc...) sont rendues difficiles à déployer compte tenu des supports utilisés (photographies déformées,...). Le recours à un LGD constitue potentiellement un enrichissement du milieu du tableau. Sa distance avec le milieu à disposition des élèves (en particulier dans les procédures analytiques qu'il privilégie) reste à négocier dans le déroulement du jeu.

Critère n° 3 : nouveauté de la situation étudiée

Cette situation n'apparaît pas constituer fondamentalement un renouvellement de l'étude de la notion de symétrie. Seule l'entrée dans l'étude à partir de photographies est susceptible d'être un élément d'appréciation de nouveauté de la situation. Si les spécificités du cursus de CAP et le rapport des élèves à une problématique pratique de la géométrie sont susceptibles d'expliquer ce choix d'entrée dans l'étude, il apparaît que l'usage du TBI facilite le recours à de tels supports. De manière plus générale cependant, la revisite de ce thème d'étude orchestré dans cette situation ne semble pas entretenir une distance forte avec les tâches rencontrées précédemment par les élèves dans leur cursus précédent (collège ou SEGPA).

Critère n° 4 : possibilités de changement de cadres et/ou de registres

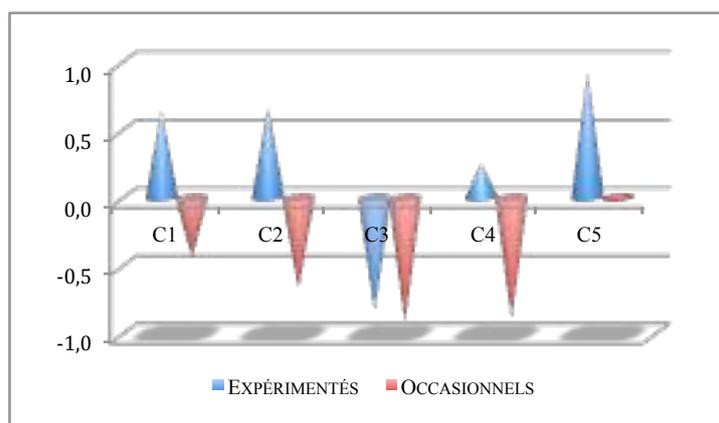
La situation est posée ici intégralement dans le cadre géométrique. Cependant, ce sont des changements de points de vue qu'il s'agit d'opérer : d'une part, le passage d'une situation fortement contextualisée (les photographies) à une situation géométrique (la construction du motif), d'autre part, d'une appréhension globale des formes aux éléments constitutifs de ces formes (procédures globales vs procédures analytiques). Ces changements de points de vue sont nécessaires au traitement de la situation et certaines fonctionnalités de l'outil (annotation sur les supports photographiques, outils virtuels, déplacement du motif...) constituent potentiellement une aide en ce sens.

Critère n° 5 : place accordée à l'élève

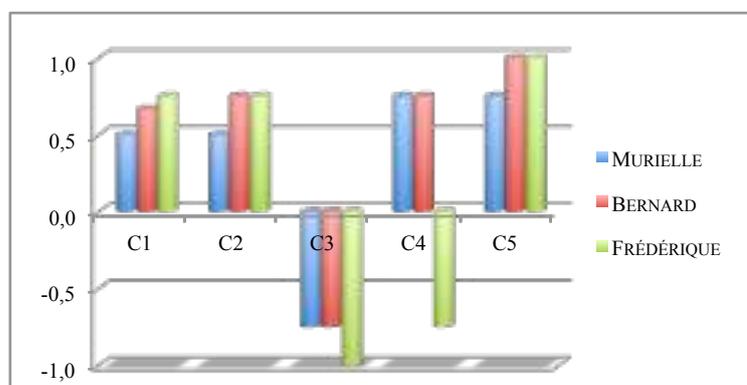
La présence de l'élève dans l'activité de conception de Christophe est avant tout visible dans l'aménagement d'un espace collectif, agrandi, et sur lequel il sera possible d'annoter (les photographies). En revanche, cet espace apparaît faiblement pensé pour récupérer publiquement des traces de l'activité des élèves : d'une part, les traces écrites ne sont pas pérennes, d'autre part, la place allouée pour renseigner certaines réponses aux questions posées n'est pas proportionnée pour le tableau (c'est le tableau noir qui servira de relais).

7.2.5 Résultats de l'étude

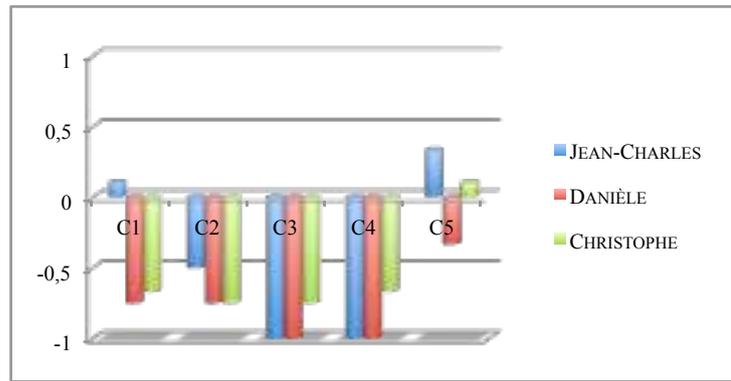
Nous livrons ici les résultats quantifiés de l'analyse critériée de l'ensemble des séances des six enseignants suivis. Nous posons ensuite un regard critère par critère sur ces résultats en pointant les régularités et les spécificités observées. Pour rappel, les différents critères examinés sont les suivants : C_1 : utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau - C_2 : complémentarité de la documentation construite pour la classe - C_3 : nouveauté de la situation étudiée - C_4 : possibilités de changement de cadres et/ou de registres - C_5 : place accordée à l'élève



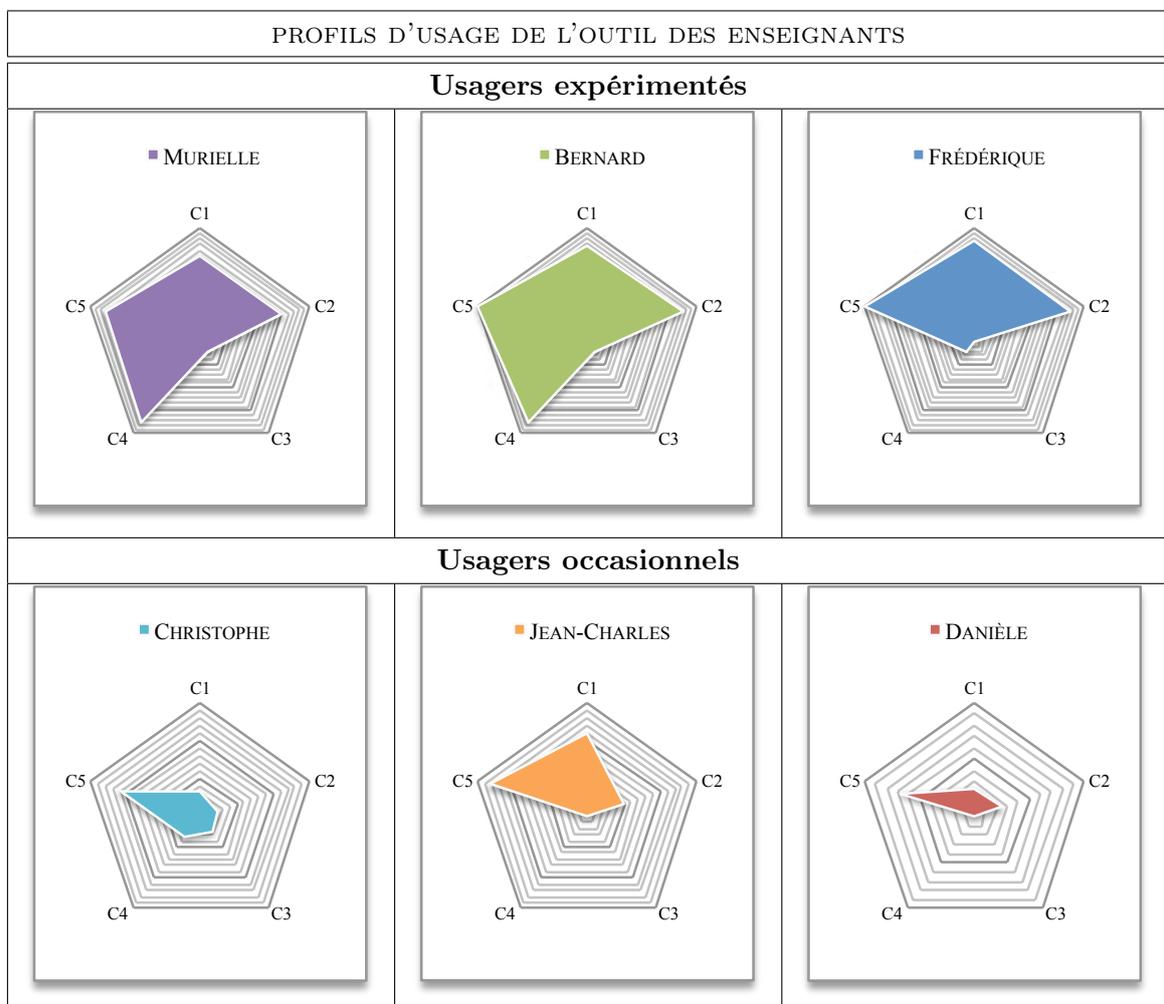
GRAPHIQUE N° 1 : DIVERSITÉ CATÉGORIELLE PAR CRITÈRE



GRAPHIQUE N° 2 : SPÉCIFICITÉS CATÉGORIELLES PAR CRITÈRE (USAGERS EXPÉRIMENTÉS)



GRAPHIQUE N° 3 : SPÉCIFICITÉS CATÉGORIELLES PAR CRITÈRE (USAGERS OCCASIONNELS)



Ces premiers résultats quantifiés laissent apparaître et confirment une diversité catégorielle marquée relativement aux différents critères examinés. Ils pointent également au sein de chacune des catégories une certaine diversité. Nous discutons ci-dessous de ces éléments en reprenant chacun des critères étudiés.

L'utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau.

Un traitement différent dans l'utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau apparaît clairement entre utilisateurs confirmés et utilisateurs occasionnels. Chez ces derniers, c'est un mode d'utilisation privilégiant les possibilités d'annotation sur des applications tierces (traitement de texte, LGD) qui s'observe avant tout et donc une conception en premier lieu "externalisée" des ressources construites pour le TBI. Et lorsque, somme toute, l'environnement auteur est utilisé, ce sont des "fragments" de documents externes qui sont rapatriés (par copier-coller) dans cet environnement. Ce sont également des problèmes d'anticipation de la place allouée à la récupération de l'activité des élèves au TBI qui se posent dans l'aménagement des ressources à destination de l'outil. Chez les usagers confirmés, en revanche, une plus grande appropriation de l'environnement auteur du tableau est visible, à travers une conception menée au sein de cet environnement, et appuyée par une utilisation plus large des ressources internes du logiciel (caches, images, etc...). Cependant, si ces ressources internes viennent enrichir quelque peu l'activité de conception, leur usage reste limité (cantonné à des images, à leur déplacement, etc...) et en particulier, aucune fonctionnalités avancées de l'outil (permettant la construction d'animations, etc...) apparaît être utilisée. Ce sont des logiciels tiers (LGD, tableur, émulateur) qui sont plus volontiers préférés aux fonctionnalités avancées du logiciel du tableau pour produire des ressources plus élaborées. Ces logiciels tiers offrent des environnements spécifiques permettant un coût de conception relativement faible par rapport à celui qu'il s'agirait de déployer dans l'environnement auteur du TBI plus générique. Ceci semble confirmer les limitations techniques de l'environnement auteur pour répondre aux besoins spécifiques éprouvés par les enseignants de mathématiques. C'est aussi une expertise plus ancienne de l'usage de ces logiciels tiers, légitimés institutionnellement qui semble également expliquer cet état de fait. En tout état de cause, cet examen de la situation apparaît plaider en faveur du développement de ressources internes au logiciel du tableau plus spécifiques aux besoins liés à l'enseignement des mathématiques pour qu'une réelle activité de conception au sein même de cet environnement puisse se déployer plus systématiquement.

La complémentarité de la documentation construite pour la classe

Ce second critère rend également visible une opposition catégorielle quant à la façon de penser la complémentarité des documents conçus pour les élèves et le TBI. C'est une différence de *focale* sur les deux types de documentation qui s'exprime nettement : pour les usagers expérimentés, la documentation à destination de l'outil constitue la documentation *principale* du jeu pensé pour la classe, la documentation à destination des élèves est alors extraite de cette dernière. Pour les usagers occasionnels en revanche, un mouvement inverse s'opère avec une documentation à destination des élèves soit plus fournie, soit identique.

Regard sur les usagers expérimentés

Chez les usagers expérimentés de l'outil, la complémentarité de la documentation pour la classe s'exprime de différentes manières et c'est une lecture en terme de valences *chrono*, *topo* et *mésogénétique* qui peut être faite des techniques de conception qui soutiennent cette complémentarité et plus largement des configurations didactiques pensées par l'enseignant dans la conception du jeu dans la classe. Différents phénomènes sont ainsi observés :

- une documentation à destination du TBI quasi-exclusive, regroupant l'ensemble des énoncés des tâches à réaliser. Une page est généralement réservée par énoncé, et des caches viennent dissimuler parfois certains éléments présents au tableau. La documentation à destination des élèves est, quant à elle, réduite à un espace dédié aux recherches et réponses des élèves aux tâches prescrites. Ces choix de conception permettent ainsi à l'enseignant de maintenir un contrôle sur l'avancé des différents jeux institués dans la classe tout en forçant l'attention de la classe au tableau. Cette configuration est particulièrement présente chez deux des enseignants expérimentés suivis (Frédérique et Bernard). Elle peut cependant s'avérer quelque peu problématique dès lors que la disponibilité du "milieu" pourrait s'avérer nécessaire aux élèves pour avancer dans la résolution des tâches proposées. Cette précaution semble d'autant moins prise que le potentiel de rétroaction du milieu est jugé *a priori* faible. Si un aménagement de cette configuration apparaît chez Bernard, avec un enrichissement de la documentation élève au fil des différents jeux lorsque cela lui semble nécessaire, chez Frédérique, un épisode géométrique est pensé sans rendre disponible le "milieu" aux élèves (*a minima* la figure géométrique) privant ainsi potentiellement les élèves de prise d'information instrumentée sur la figure²⁶. Dans cette dynamique des *milieux TBI-bureau de l'élève*, un phénomène potentiel d'*appauvrissement* du milieu bureau de l'élève au profit du milieu TBI est dès lors un phénomène possiblement à l'oeuvre.
- Chez Murielle, cette tendance apparaît moins affirmée (ceci est susceptible d'expliquer *a posteriori* le constat assez rapide chez Murielle d'une dégradation de l'attention des élèves passé le caractère de nouveauté de l'outil alors qu'un phénomène différent est décrit par les deux autres enseignants suivis). En revanche, la complémentarité des deux documentations est, chez cette enseignante²⁷, le siège d'un autre phénomène relevant de la gestion de la récupération par les élèves de l'activité instrumentée liée à l'usage des logiciels (LGD, tableur). Ce phénomène est à l'oeuvre lorsque l'usage de tels logiciels est requis au TBI, la documentation à destination des élèves est alors aménagée pour garder une trace de cette activité et participer ainsi (au moins dans les intentions) à la construction de l'expertise instrumentale des élèves.

Regard sur les usagers occasionnels

26. Même si in fine, cette prise d'information n'est pas un passage obligé pour la réussite de la tâche proposée à l'étude.

27. Cette même tendance est déclarée par Bernard, mais n'a pas été observé dans l'analyse de son activité de conception des séances observées.

La complémentarité de la documentation apparaît moins pensée chez les utilisateurs occasionnels. La documentation à destination des élèves constitue la documentation principale, la documentation du tableau est souvent identique et parfois très réduite (cantonnée au seul usage d'un LGD). Un élément est en revanche unanimement pensé en terme d'enrichissement du milieu TBI : les LGD. Cependant, différents phénomènes, potentiellement problématiques et liés à leur usage au tableau sont observés :

- l'intégration de ces logiciels dans la conception du jeu n'apparaît que faiblement pensée : s'ils servent l'institution du jeu, leur utilisation ne semble pas pensée en terme d'avancée du jeu (c'est le cas par exemple dans la conception présentée de Jean-Charles)
- lorsqu'ils sont pensés en terme de réplique du milieu papier-crayon des élèves (l'exemple de Christophe), la distance qui existe entre les techniques papier-crayon et les techniques instrumentées du logiciel apparaît peu prise en compte et potentiellement source de difficulté
- enfin, c'est l'usage même de ces logiciels dans l'environnement logiciel du tableau et la gestion de la couche d'écriture sur ces logiciels qui est source de difficulté (ce phénomène est visible chez Danièle et est illustré plus bas dans ce chapitre)

La place accordée à l'élève

Ce critère est le dernier à souligner une distinction relativement marquée entre les deux catégories d'utilisateurs. La visibilité de la place allouée à l'élève dans l'activité de conception des usagers expérimentés apparaît ainsi de différentes manières : d'une part, à travers l'espace aménagé à l'écrit sur le support TBI et une anticipation de la variété des procédures possiblement déployées dans la résolution des tâches, mais aussi à travers une place qui ne s'y limite pas à l'écrit et qui offre d'autres actions sur ce support (déplacements d'objets, etc...); d'autre part, c'est dans l'intégration des logiciels institutionnels au service de différents moments de l'étude que cette place est pensée par les usagers expérimentés.

Chez les usagers occasionnels, ces différentes techniques sont encore en germe. Le support TBI est avant tout pensé comme support de l'écrit mais l'anticipation de la place allouée à celui-ci est encore problématique, obligeant le recours au tableau noir comme relais. Lorsque que l'usage de logiciels est pensé, c'est aussi avant tout au service des moments d'institution ou d'institutionnalisation des jeux.

Nouveauté de la situation étudiée.

Ce critère souligne unanimement un caractère faiblement marqué de nouveauté des situations proposées. Chez les usagers expérimentés, même lorsque l'usage de ressources logicielles est fortement envisagé (par exemple chez Murielle), c'est un jeu conçu qui entretient une proximité forte avec un scénario papier-crayon. La tendance observée chez les usagers occasionnels de dupliquer au TBI la documentation élève n'apparaît pas être favorable à

un renouveau de l'étude. Chez les usagers expérimentés, même en l'absence d'une telle tendance, les ressources utilisées pour la conception du milieu TBI sont parfois directement puisées dans le manuel de la classe (et cela même si le paperboard conçu apparaît quelque peu enrichi par rapport à la ressource "*manuel*" qui a servi à sa conception - c'est en particulier le cas chez Frédérique et dans une moindre mesure chez Murielle), c'est à dire une ressource construite et pensée pour organiser un jeu de classe en dehors de l'environnement TBI. De manière plus générale, le succès exhibé aujourd'hui des livres numériques à usage de l'outil TBI²⁸ qui se borneraient à dupliquer la ressource manuel papier est à questionner : si ces ressources constituent potentiellement une économie dans la conception du milieu TBI, elles n'apparaissent pas en premier lieu favoriser un renouveau potentiel de l'étude.

Possibilités de changements de cadres et/ou de registres

Rappelons ici que dans l'organisation du suivi des enseignants, le contrat négocié avec les enseignants consistait à leur laisser toute la latitude possible quant aux choix des thèmes des séances, en précisant qu'il s'agissait plutôt de *donner à voir* des situations qu'ils jugeaient d'une certaine façon caractéristiques de "*bonnes pratiques*" de l'outil. Le choix des thèmes et des situations retenus par les enseignants en conséquence est ainsi informatif du point de vue des possibilités de changements de cadres et/ou de registres qu'il offre et des potentialités repérées de l'outil TBI pour accompagner ces changements. Les résultats obtenus pour ce dernier critère montrent une situation quelque peu contrastée. Du côté des usagers occasionnels d'une part, la géométrie constitue un domaine majoritairement retenu. Les jeux de cadres potentiels ne semblent pas être une caractéristique première des situations choisies pour l'étude, et à tout le moins, les potentialités de l'outil TBI pour soutenir possiblement des changements de cadres n'apparaissent pas investies. Chez les usagers expérimentés, une position contrastée existe : chez Murielle et Bernard, enseignants au collège, les situations retenues sont en partie porteuses de jeux de cadres et les fonctionnalités de l'outil semblent plutôt repérées et investies en ce sens. En revanche, chez Frédérique, enseignante à l'école primaire, ce phénomène n'est pas repéré.

Ce regard sur l'activité de conception des enseignants montre ainsi des usagers expérimentés qui semblent entrevoir le potentiel orchestratif de l'outil dans la conduite du jeu de classe, et le développement de techniques de conception qui tendent à l'exploiter. Ces techniques sont en germe et encore problématiques (voire non disponibles) pour les usagers occasionnels. Ces derniers semblent projeter avant tout dans l'outil TBI des usages d'outils qu'ils connaissent mieux (LGD, etc...) mais dont l'intégration dans le jeu de la classe est encore à construire. Comment dès lors, se manifestent, se vérifient et se quantifient ces caractéristiques dans la conduite du jeu *in situ*. C'est ce que nous proposons d'examiner dans la suite de l'étude.

28. Notons qu'à l'époque de l'organisation du suivi des enseignants, le développement des livres numériques était encore restreint.

7.3 Regard quantitatif sur les séances conduites en classe

Dans cette section, nous portons un regard quantitatif sur les utilisations de l'outil TBI dans les classes des six enseignants suivis. Une première série de questions dirige l'étude : combien de temps est utilisé le TBI ? Qui l'utilise ? Quand est-il utilisé ? Et comment l'utilise-t'on ?

Pour répondre à ce quadruplet interrogatif (*combien, qui, quand, comment*), le travail conduit précédemment sur les schémas orchestratifs instrumentés est repris : nous quantifions et qualifions, à l'échelle de la séance, ces différents schémas. L'examen de leur distribution et leur inscription dans le jeu de la classe permet de rendre compte des *dynamiques orchestratives* à l'oeuvre. Le repérage conduit ne se réduit cependant pas à ces seules transactions instrumentées mais s'étend également aux autres interventions de l'enseignant qui ne relèvent pas de l'utilisation de l'outil TBI (transactions conduites localement entre un élève et le professeur, intervention plénière non instrumentée à destination de la classe...). La prise en compte de telles actions, entourant les schémas orchestratifs, permet une vue d'ensemble de l'activité de l'enseignant et contribue en retour à mieux éclairer le but des interventions instrumentées et leur rôle dans la dynamique du jeu de la classe. Nous indiquons dans une première partie les choix méthodologiques réalisés pour conduire un tel repérage et illustrons notre propos à partir de la réalisation de trois vidéogrammes de séances. La seconde partie présente et discute des résultats catégoriels obtenus.

7.3.1 Choix méthodologiques de l'étude quantitative

Un premier choix méthodologique : la question de l'action enseignante à l'échelle de la séance

Rappelons que la TACD propose une description de l'action enseignante (nécessairement conjointe) en utilisant la notion de jeux, ces derniers étant eux-mêmes appréhendés au moyen d'un quadruplet caractéristique : "*définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser*". Autrement dit, cette caractérisation permet de considérer les différents épisodes de classe, en tant que structures intentionnelles, comme autant de jeux d'apprentissage, en se rendant attentif aux différentes dynamiques internes de ces jeux, aux modalités de construction du savoir qu'ils soutiennent et aux différents milieux qu'il les soutiennent. Cette proposition de découpage de la TACD appelle cependant quelques précisions, en particulier dans notre projet de quantification de l'action enseignante. Il ne s'agit pas d'hypostasier le système descriptif précédent : il ne convient en effet pas de vouloir considérer l'intégralité de l'activité didactique de la classe comme une suite de jeux emboîtés les uns aux autres, mais plutôt, comme le précise par ailleurs Sensevy : "*il peut être utile, à certains moments, de se donner des catégories de description (définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser) propres à restituer la grammaire*

interne à ces jeux" (Sensevy, p29). Pour notre part, nous souhaitons comprendre certains comportements didactiques visibles dans des actions instrumentées et collectives, médiées par l'outil TBI. En conséquence, les jeux d'apprentissage que nous considérons sont les jeux partagés collectivement avec la classe *ie* les jeux dont l'enjeu est partagé avec l'ensemble des acteurs de la classe. En particulier, des jeux locaux peuvent exister, naissants d'interventions locales de l'enseignant avec un élève ou un groupe d'élèves (il en va par exemple d'une aide apportée par l'enseignant à un élève ou un groupe d'élèves, susceptible de changer l'enjeu du jeu, et donc le jeu lui-même...). Nous ne les prenons pas en compte, tout du moins dans la dynamique des jeux que nous quantifions, pour ne pas surcharger le repérage, mais surtout conformément à notre projet d'élucider des comportements didactiques instrumentés avec l'outil. Le périmètre des jeux collectifs repérés est dès lors le suivant : un jeu débute lorsque le professeur ou l'élève précise *collectivement* les règles constitutives du jeu, rendant capables les élèves de jouer selon les règles explicitées. A minima, une tâche simple prescrite²⁹ collectivement par l'enseignant à la classe constitue la définition d'un jeu. Ce même jeu se termine lorsque le professeur et les élèves font en sorte que les connaissances produites dans le jeu soient reconnues et évaluées de manière collective. Notons qu'un jeu peut se terminer avant d'être institutionnalisé, dès lors que l'enseignant en définit un nouveau (par exemple lorsque l'enseignant reformule publiquement une tâche initialement prescrite par lui). Deux conséquences peuvent être tirées concernant le travail de quantification de l'activité enseignante : d'une part, les interventions locales de l'enseignant ne sont de fait pas le siège de définition des jeux d'apprentissage. D'autre part, les schémas orchestratifs exhibés dans le chapitre précédent et dont nous poursuivons l'étude ici s'affichent comme des éléments constitutifs des jeux d'apprentissage. Ils sont en particulier regardés comme des éléments descripteurs de l'orchestration des jeux d'apprentissage, et pour filer la terminologie proposée par Sensevy, sont des éléments descripteurs de la grammaire instrumentée interne de ces jeux. Enfin, un dernier constat relatif au contrat didactique, proposé par Sensevy comme élément descripteur des jeux d'apprentissage, peut être fait ici de manière prospective³⁰. Ce concept, dès sa fondation (Brousseau) est intrinsèquement lié aux connaissances en jeu : *"Le contrat didactique n'est pas un contrat pédagogique général. Il dépend étroitement des connaissances en jeu"* (Brousseau, 1998, p60). Sensevy s'inscrit dans cette continuité en proposant de relier contrat didactique et jeu d'apprentissage et une caractérisation de celui-ci en terme de *"système d'habitudes relatives aux pratiques de savoir établies dans l'institution, et instanciées par une situation donnée"* (Sensevy, 2006, p85). Le découpage que nous proposons d'un jeu d'apprentissage en terme de schémas orchestratifs nous autorise dès lors l'examen de l'existence de micro-contrats en place dans les différents schémas orchestratifs repérés au sein même des différents jeux d'apprentissage.

29. Notons que nous entendons tâche prescrite au sens de tâche prescrite par l'enseignant in situ, en particulier, nous ne distinguons pas la tâche prescrite par l'énoncé de sa reformulation par l'enseignant (au sens de Robert), précisément parce que nous examinons ici l'activité de la classe *in situ*.

30. Nous reprendrons ce point de vue dans la suite de l'étude.

D'autres choix méthodologiques et codage des séances

La question du temps d'utilisation de l'outil TBI

L'utilisation d'un objet technique, quel qu'il soit, n'est pas une notion transparente, elle dépend en effet du contexte d'utilisation mais également de l'objet lui-même et de ses caractéristiques : ainsi, parler de l'utilisation d'un téléviseur dans un contexte familial et de l'utilisation d'un téléphone portable dans le contexte d'une conversation téléphonique, implique de la part des utilisateurs des actions de nature différentes. Pour l'une, on parlera d'utilisation sans qu'il n'y ait nécessairement d'action de l'utilisateur sur l'objet, pour l'autre, c'est l'action de l'utilisateur sur l'objet qui définit son utilisation. Dans le contexte de la classe de mathématiques, nous parlerons d'utilisation du TBI en distinguant deux cas de figures : d'une part lorsqu'il y aura action de l'utilisateur sur l'objet, d'autre part, lorsque l'utilisateur s'appuiera sur ce qui est affiché à l'écran du tableau pour soutenir son discours et plus largement les éventuelles interactions avec la classe.

Quantification et qualification des schémas orchestratifs instrumentés

Nous identifions et quantifions dans un premier temps les schémas orchestratifs instrumentés en reprenant la caractérisation proposée dans le chapitre précédent : *moment de l'étude - familles de ressources - configuration didactique - mode d'exploitation*. Nous cherchons à raffiner ce quadruplet caractéristique à partir de prises d'informations nouvelles :

- Concernant les *moments de l'étude* concernés, nous cherchons à identifier dans quelles processus d'action ils semblent plutôt s'inscrire : *définition du jeu - dévolution du jeu - régulation du jeu - institutionnalisation du jeu*
- Concernant les *familles de ressources*, nous repérons quel environnement de travail du logiciel est utilisé (nous avons identifié quatre environnements de travail distincts au cours de l'étude du dispositif dans le chapitre de cette thèse consacrée à l'étude de l'objet technique TBI : E1 = pilotage PC - E1' = pilotage PC + annotation - E2 = tableau blanc - E2' = tableau blanc + ressources numériques)

D'autres informations sont également prises pour compléter cette caractérisation :

- Nous distinguons d'une part les schémas orchestratifs pour lesquels il y a action d'un utilisateur sur l'outil TBI des autres schémas orchestratifs (pour lesquels l'utilisateur s'appuie uniquement sur ce qui est projeté au tableau).
- Pour chacun de ces schémas, nous examinons leur *pilotage* en distinguant ceux plutôt centrés sur l'enseignant (explication guidée par le tableau, mise en regard de ce qui se passe au TBI avec d'autres supports, etc...) ou plutôt centrés sur les élèves. Dans ce dernier cas, nous examinons la part de responsabilité laissée à l'élève (discussion organisée par l'enseignant autour de ce qui se passe au tableau, utilisation par l'élève du TBI pour exposer son procédé de résolution d'un problème...). Nous identifions également l'*adressage* de ces orchestrations en distinguant trois cas de figures : en

direction de la classe, en direction d'un groupe d'élèves ou en direction d'un élève en particulier.

- Concernant en particulier les schémas orchestratifs avec action de l'utilisateur sur l'outil, nous quantifions l'usage des différentes fonctionnalités du TBI en distinguant quatre types d'outils : outils de mémorisation, d'annotation, de manipulation ou de conception. Nous distinguons également l'utilisation côté élève de celle côté enseignant et examinons la part de responsabilité laissée à l'élève dans son utilisation de l'outil (annotation sous la dictée de l'enseignant, espace partagé d'écriture, etc...). Nous dénombrons enfin les incidents instrumentaux rencontrés par les utilisateurs de l'outil.

Quantification et qualification des autres interventions non instrumentées de l'enseignant.

Concernant cette dernière rubrique, nous distinguons deux types d'interventions non instrumentées : celles conduites en plénière devant la classe et celles conduites plus localement à destination d'un élève ou d'un groupe d'élèves. Pour chacune d'elles, nous différencions deux formes :

- celles qui visent la régulation sociale du groupe classe et l'avancement du travail. Les actions qui relèvent de cette catégorie sont par exemple des annonces et rappels de règles régissant les modalités de travail et les échanges, ou bien encore des interventions recentrant le débat (rappel de la question posée, etc...)
- celles correspondant à des interventions relatives au contenu mathématique. Les actions qui relèvent de cette catégorie sont par exemple la demande aux élèves d'une idée nouvelle ("Que pourrait-on essayer?"), des liens avec des connaissances antérieures ("A quoi cela vous fait-il penser?") ou bien encore des jugements plus ou moins explicites sur des productions d'élèves.

			PILOTAGE		ADRESSAGE	FONCTIONNALITÉS				
<p>Schémas orchestratifs instrumentés O(M,F,CD,ME)</p>	M : Moment de l'étude	Action de l'utili- sateur sur l'outil	Centré sur l'enseignant		En direction de la classe	Côté enseignant	mémorisation annotation	incidents instrumentaux	responsabilités	
	F : Familles de ressources		Centré sur l'élève	responsabilités			Faible res- ponsabilité côté élève			En direction d'un groupe d'élèves
		Centré sur l'enseignant			En direction d'un élève particu- lier	manipulation conception	Forte			
	CD : Configura- tion didactique	Absence d'action utilisa- teur sur l'outil	Centré sur l'élève	responsabilités		Faible res- ponsabilité côté élève				
ME : Mode d'exploita- tion					Forte res- ponsabilité côté élève					

SYNTHÉTIQUE DE L'ÉTUDE DES SCHEMAS ORCHESTRATIFS INSTRUMENTÉS

TABIEAU

	ADRESSAGE	FONCTION
Intervention non instrumentée	Plénière	régulation sociale
		mathématisante
	Locale	régulation sociale
		mathématisante

TABLEAU SYNTHÉTIQUE DE L'ÉTUDE DES AUTRES INTERVENTIONS NON INSTRUMENTÉES
DE L'ENSEIGNANT

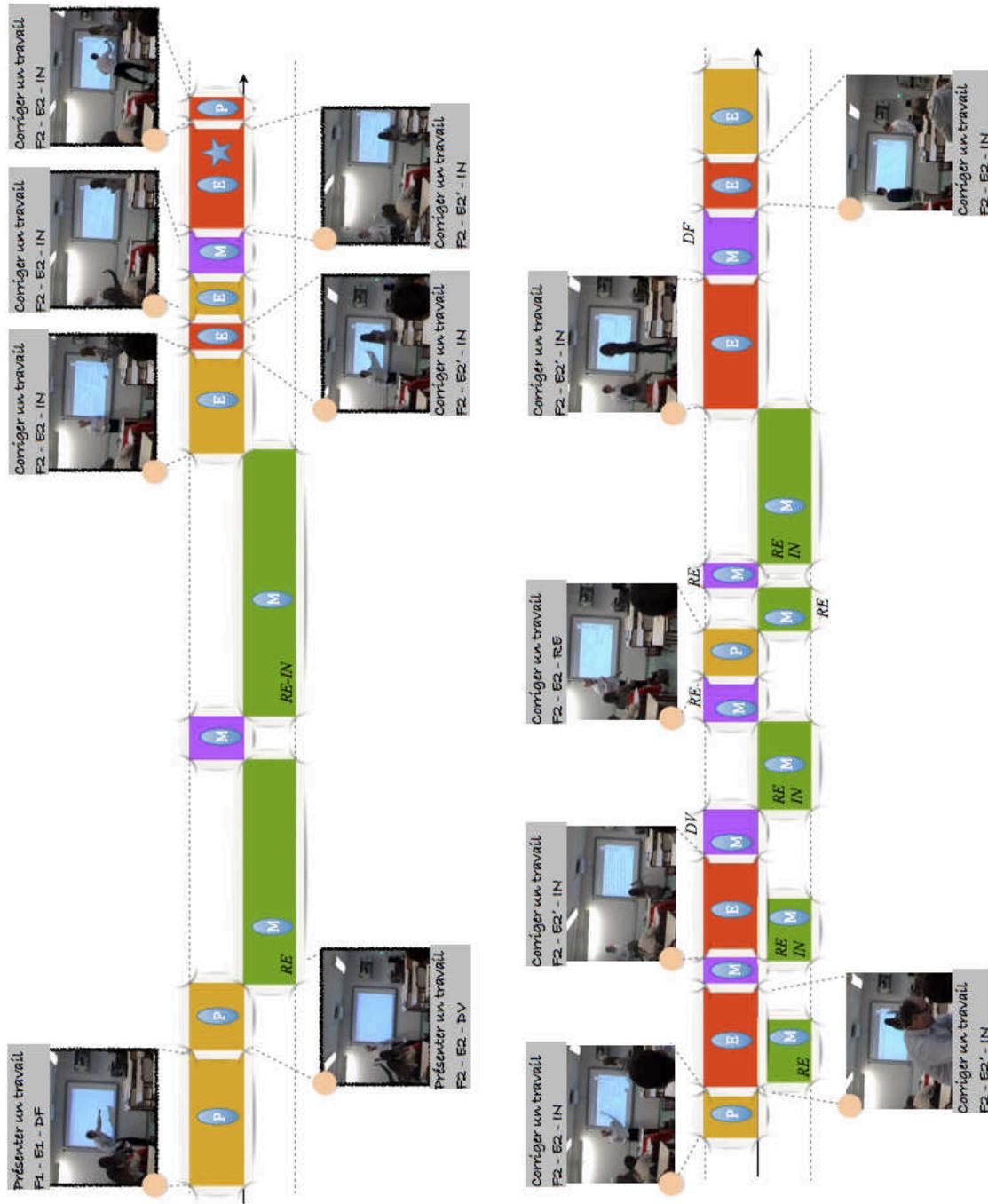
Nous fournissons ci-après trois vidéogrammes de séances en détaillant en amont le codage utilisé. Les résultats d'un traitement quantitatif de l'ensemble des vidéogrammes des séances sont présentés dans la suite.

SCHÉMA ORCHESTRATIF INSTRUMENTÉ						
M	moment de l'étude concerné (définition du jeu : DF - dévolution du jeu : DV - régulation du jeu : RE - institutionnalisation du jeu : IN					
F	famille de ressources (F1...F5) - type d'environnement (E1-E1'-E2-E2')					
R	Adressage		en direction de la classe			
			en direction d'un groupe d'élèves			
			en direction d'un élève en particulier			
<i>avec absence d'action de l'utilisateur sur l'outil</i>						
		centré sur l'enseignant				
		centré sur l'élève	R+ : forte responsabilité laissée R- : faible responsabilité laissée			
<i>avec action de l'utilisateur sur l'outil</i>						
		centré sur l'enseignant				
		centré sur l'élève	R+ : forte responsabilité laissée R- : faible responsabilité laissée			
	Fonctionnalités	côté enseignant		mémorisation		
				annotation		
				manipulation		
				conception		
côté élève		mémorisation	R+	incident 		
		annotation				
		manipulation	R-			
		conception				

INTERVENTION NON INSTRUMENTÉE DE L'ENSEIGNANT	
	<i>en local</i>
	 régulation sociale
	 mathématisante
	<i>en plénière</i>
	 régulation sociale
	 mathématisante
	usage du tableau noir

7.3.2 Exemples de trois vidéogrammes

UN EXEMPLE DE VIDÉOGRAMME DE JEAN-CHARLES



partie n°1

partie n°2



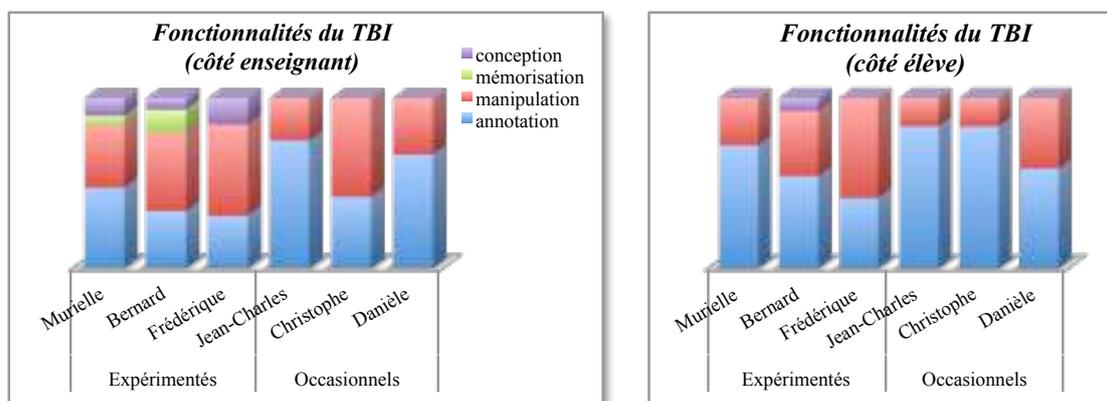
7.3.3 Résultats quantitatifs

Dans la présentation des résultats quantifiés de l'étude, un regard comparé est porté sur l'une et l'autre des catégories d'usagers et structuré autour d'éléments constitutifs de la dimension *instrumentale* et de la dimension *orchestrative* des usages. Ce regard permet de confirmer et de moduler certains résultats de l'étude précédente. Il est mis ensuite à profit pour justifier de l'étude spécifique de certains épisodes instrumentés.

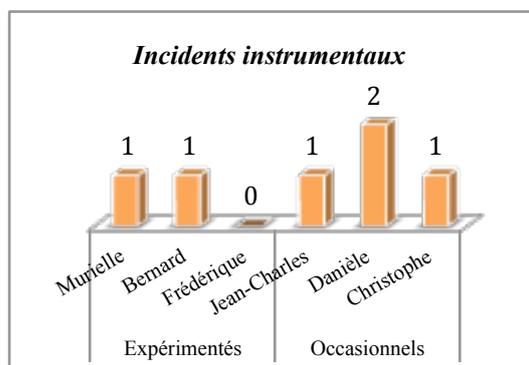
Nous présentons ci-après quelques unes des mesures effectuées du corpus de données (en

précisant lorsque cela est nécessaire, les moyens du traitement) et discutons les résultats obtenus.

Dimension instrumentale et fonctionnalités de l'outil



Graphique n° 1 : quantification de la diversité des types de fonctionnalités du TBI avec distinction de l'utilisation côté enseignant et de l'utilisation côté élève (à partir des fréquences calculées des sollicitations des outils du tableau, sans tenir compte du temps d'utilisation de ces derniers)



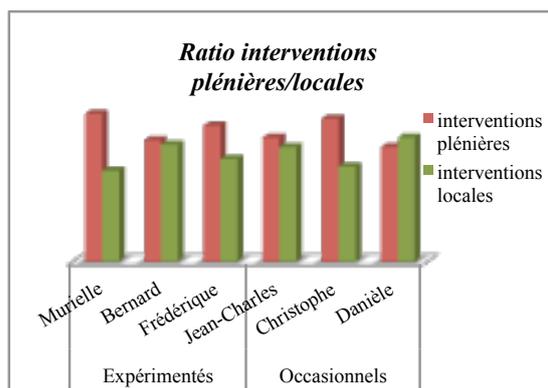
Graphique n° 2 : nombre d'incidents instrumentaux repérés lors des séances observées.

Une palette d'outil certes plus étoffée chez les usagers confirmés mais des fonctionnalités restreintes côté élève pour l'une et l'autre des deux catégories d'usagers

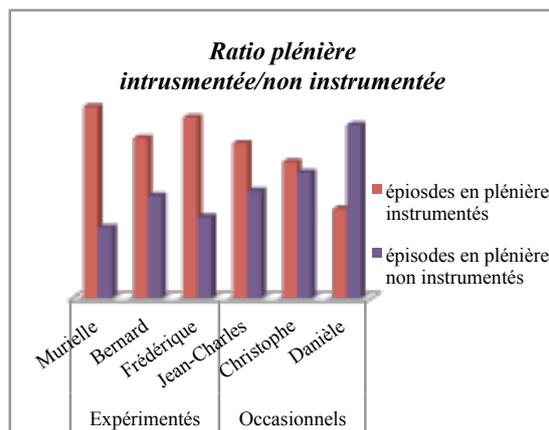
Les mesures des différentes fonctionnalités de l'outil laissent en effet apparaître une plus grande diversité chez les usagers confirmés. En plus des outils d'annotation, ce sont des outils de manipulation du contenu et de conception (rideau, image, copier-coller...) qui sont mis à profit pour structurer le document et l'explorer (navigation entre les pages, loupe.). En revanche, les fonctionnalités dévolues à l'élève restent majoritairement cantonnées à l'écriture manuscrite et à sa gestion (stylo, couleur, effaceur, etc...). Ainsi, si la part de responsabilité instrumentale laissée à l'élève apparaît plus grande chez les usagers expérimentés, le

TBI demeure avant tout un espace d'écriture pour les élèves chez les deux catégories. Du côté des incidents instrumentaux, notons que ces derniers ne sont pas significativement plus nombreux dans l'une ou l'autre des catégories et sont majoritairement liés à la gestion de l'écriture (problème lié à l'effacement et à la manipulation du texte) du côté de l'élève.

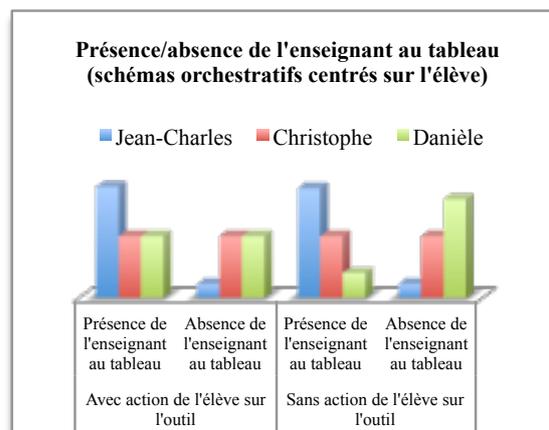
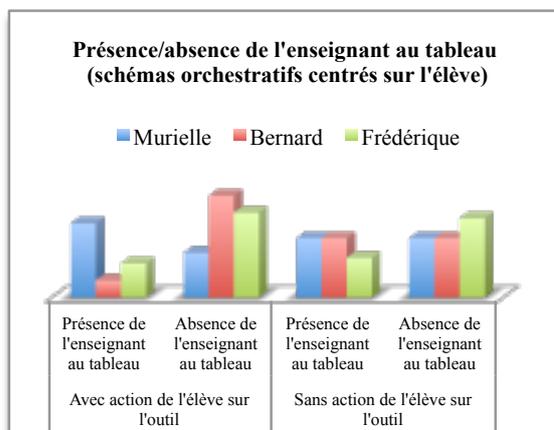
Dimension instrumentale et fonctionnalités de l'outil



Graphique n°3 : calcul du ratio temps d'interventions plénières - temps d'interventions locales (les interventions plénières concernent sans distinction celles de l'enseignant et celles de l'élève)

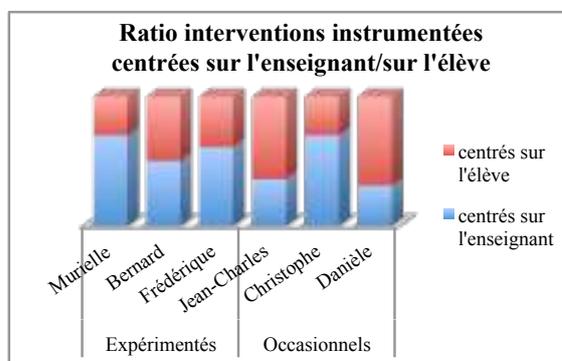


Graphique n°4 : calcul du ratio temps d'interventions plénières instrumentées - non instrumentées (les interventions instrumentées concernent celles centrées sur l'enseignant et celles centrées sur l'élève)



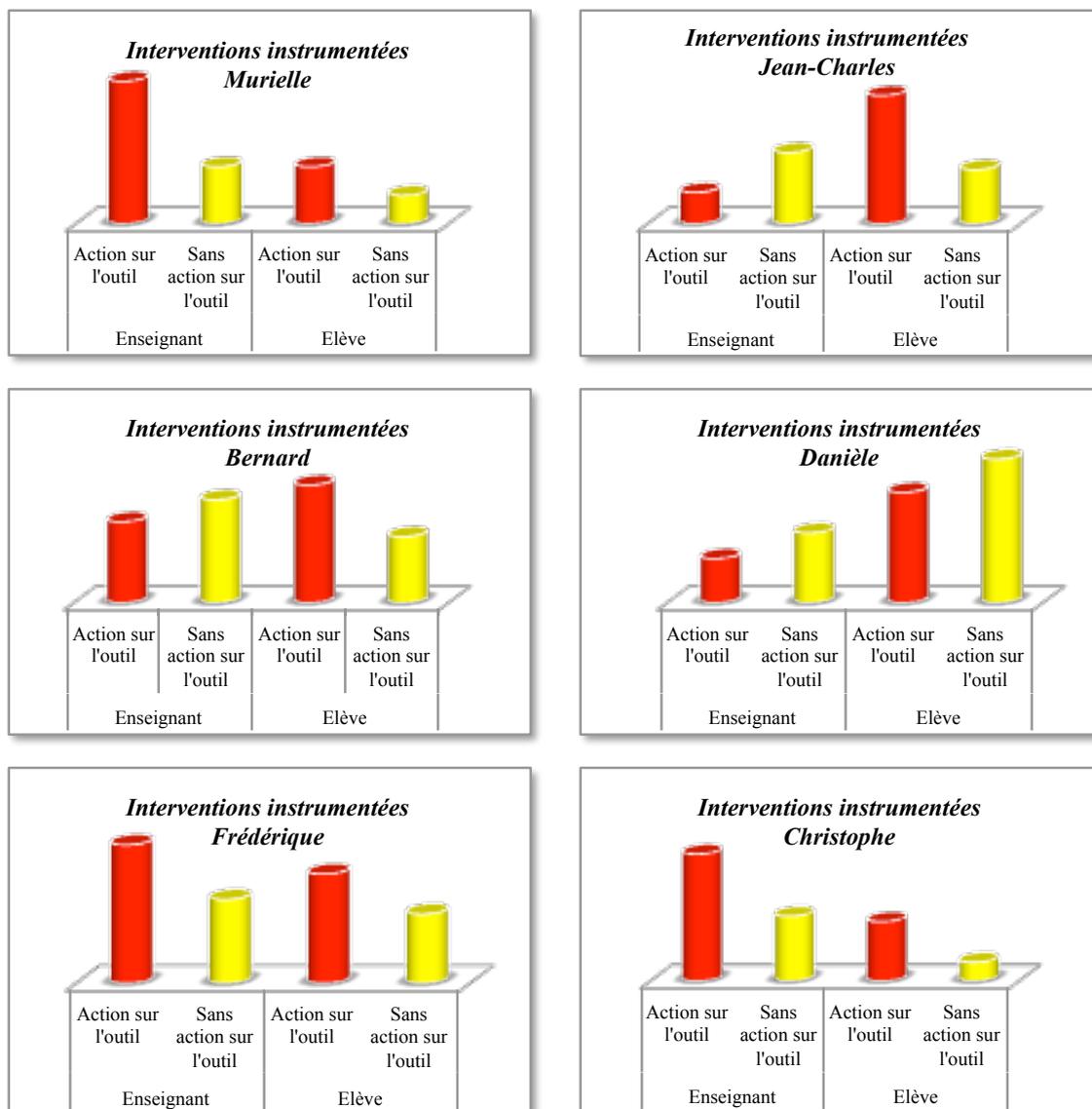
Graphique n°5 : calcul de la fréquence d'apparition de la présence/absence de l'enseignant lors des interventions instrumentées de l'élève au tableau chez les usagers expérimentés (sont distingués dans ce calcul les schémas orchestratifs avec et sans action de l'élève sur l'outil, sans tenir compte des durées de ces schémas orchestratifs)

Graphique n°6 : calcul de la fréquence d'apparition de la présence/absence de l'enseignant lors des interventions instrumentées de l'élève au tableau chez les usagers occasionnels (sont distingués dans ce calcul les schémas orchestratifs avec et sans action de l'élève sur l'outil, sans tenir compte des durées de ces schémas orchestratifs)



Graphique n°7 : calcul du ratio interventions instrumentées centrées sur l'enseignant - centrées sur l'élève

Graphique n°8 : répartition des interventions instrumentées des usagers
(centration sur l'enseignant ou sur l'élève - avec ou sans action sur l'outil)

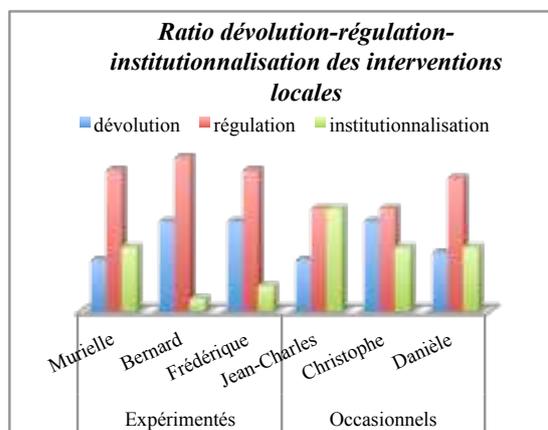


Une utilisation certes plus fréquente de l'outil par l'enseignant chez les usagers expérimentés, mais un ratio intervention plénière/intervention locale de l'enseignant proche pour les deux catégories d'usagers

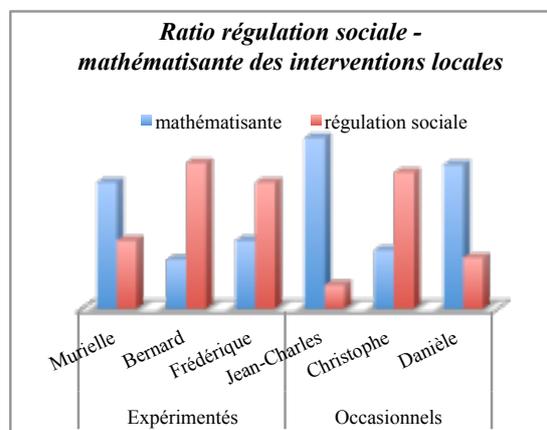
L'usage de l'outil apparaît en effet plus marqué chez les usagers expérimentés. En revanche, cette utilisation plus fréquente de l'outil ne semble pas jouer en faveur d'une augmentation des interventions plénières de l'enseignant, le ratio plénière/locale étant sensiblement identique dans l'une et l'autre des catégories d'usagers. Autrement dit, les interventions plénières sont plus systématiquement instrumentées avec l'outil chez les utilisateurs confirmés. Dans le même ordre d'idée, en s'intéressant plus précisément aux interventions instrumentées de l'enseignant, on constate une sur-représentation sensible des interventions instrumentées sans action de l'enseignant sur l'outil chez les usagers occasionnels, le TBI étant alors plus

volontiers un outil d'exposition mis au service de la présentation d'un travail à conduire. **Une volonté marquée chez les utilisateurs occasionnels de laisser l'usage du tableau à l'élève, mais une présence de l'enseignant au tableau aux côtés de l'élève forte** Apparaît en effet un ratio interventions instrumentées avec action sur l'outil professeur/élève favorable aux élèves chez les utilisateurs occasionnels. Mais si cette volonté de mettre à disposition des élèves l'outil TBI est marquée, les épisodes d'utilisation du TBI par les élèves sont majoritairement repérés dans des moments de correction d'un travail et les configurations didactiques associées laissent apparaître une présence conjointe de l'enseignant et de l'élève au tableau. Chez les utilisateurs confirmés de l'outil, la part de responsabilité laissée à l'élève au tableau apparaît plus grande, et notamment le TBI est un espace d'accueil de propositions d'élèves soumises à la classe. Notons ici que nous ne disons pas ici que la part de responsabilité dans le travail mathématique laissée aux élèves est globalement plus réduite chez les utilisateurs occasionnels, nous examinons ici seulement les interventions instrumentées des élèves au tableau. Nous pointons ce qui apparaît être une spécificité des usages du TBI chez les non experts, et le statut spécifique de l'écrit sur cet objet, qui nous semble à rapprocher du niveau d'instrumentation de l'outil chez les différents enseignants.

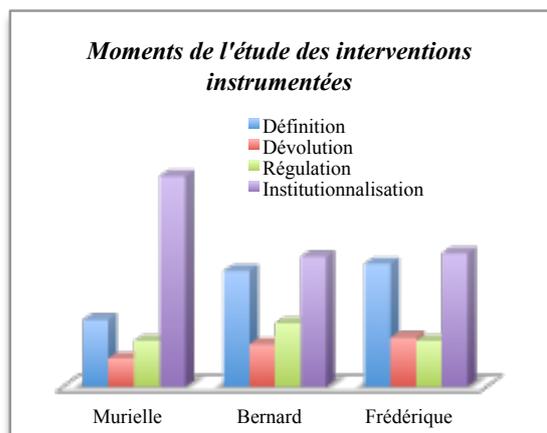
Dimension orchestrative et spécificités des schémas orchestratifs



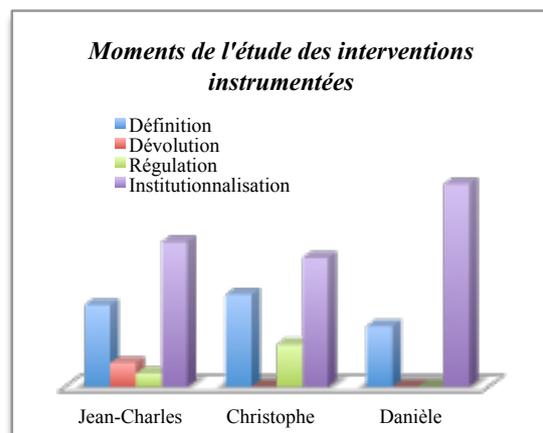
Graphique n° 9 : part relative consacrée aux différents moments de l'étude lors des interventions locales (par définition, les moments d'institution des jeux n'apparaissent pas en local)(par définition, les moments d'institution des jeux n'apparaissent pas en local)



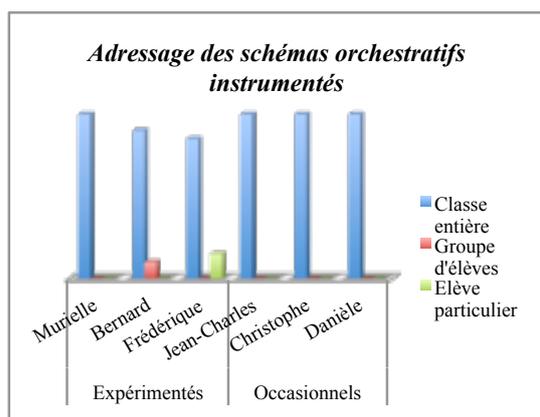
Graphique n°10 : calcul du ration régulation sociale - action mathématisante dans les interventions locales



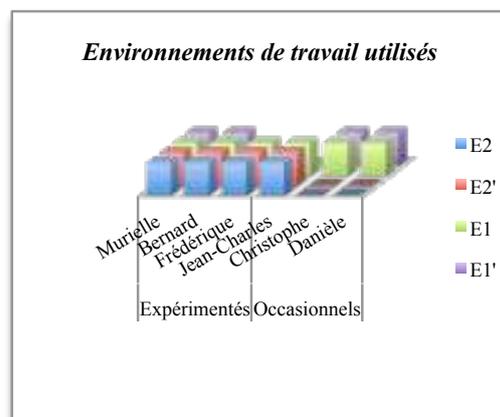
Graphique n°11 : fréquence d'apparition des interventions instrumentées en fonction des moments de l'étude impliqués chez les usagers expérimentés (sans tenir compte de la durée)



Graphique n°12 : fréquence d'apparition des interventions instrumentées en fonction des moments de l'étude impliqués chez les usagers occasionnels (sans tenir compte de la durée)



Graphique n°13 : fréquence d'apparition des schémas orchestratifs instrumentés en fonction de leur adressage (sans tenir compte de la durée)



Graphique n°14 : types d'environnements de travail utilisés par les différents usagers (repérage de la diversité des environnements sans quantification)

Un répertoire orchestratif certes plus étoffé chez les utilisateurs confirmés mais un usage de l'outil surreprésenté dans des moments de l'étude liés à la présentation et la correction d'un travail chez l'ensemble des usagers

Les résultats quantifiés de l'étude confirment en effet l'existence d'un répertoire orchestratif plus fourni chez les usagers expérimentés, à la fois du point de vue des ressources utilisées et des moments de l'étude en jeu. Cependant, cette diversité est à relativiser, une sur-représentation des moments de présentation et de correction du travail étant clairement identifiable chez ces usagers expérimentés.

Des schémas orchestratifs exclusivement adressés à la classe entière chez les

usagers occasionnels, une même tendance très majoritaire chez les usagers expérimentés de l'outil : un des points de convergence inter-catégorielle dégagée par l'étude est l'adressage des schémas orchestratifs, très majoritairement dirigé vers la classe entière. Autrement dit, le TBI n'apparaît pas ici mis au service d'une vertu institutionnelle attribuée à l'outil : celle d'une différenciation et d'une individualisation des aides apportées par l'enseignant. Le tableau demeure un élément de communication entre le professeur et l'ensemble de la classe.

L'utilisation conjointe des fonctionnalités d'annotation et de manipulation du TBI dans des environnements logiciels (LGD, tableur) réservée à la seule catégorie des expérimentés et problématique chez les usagers occasionnels

L'utilisation conjointe des fonctionnalités d'annotation et de manipulation du TBI et des logiciels institutionnels, et plus largement les interactions entre ces logiciels et l'environnement tableau blanc du TBI, ne sont pas mis à profit chez les utilisateurs occasionnels de l'outil. Elles sont même une source d'incidents instrumentaux chez l'un des enseignants suivis. C'est une distinction forte des deux catégories d'utilisateurs qui nous semble à rapprocher du niveau d'instrumentation des usagers.

Des interventions non instrumentées comme vecteurs privilégiés de régulation de l'activité de l'élève, mais une utilisation de l'outil TBI dans cette direction qui s'installe chez les usagers confirmés

Pour l'ensemble des enseignants suivis, la régulation de l'activité des élèves s'opère en effet à la fois au cours d'interventions locales auprès d'un élève ou d'un groupe d'élèves, ou encore au cours d'interventions plénières, mais l'outil TBI et ses fonctionnalités illustratives apparaissent être faiblement utilisées pour soutenir de tels moments de l'étude. Seuls les utilisateurs confirmés semblent s'engager dans une telle voie. Aussi, une tendance quelque peu visible chez ces mêmes usagers consiste en une sous-représentation des moments d'institutionnalisation et une présence plus marquée de régulation sociale au cours des interventions locales. Cette tendance semble servir à mieux aménager les moments d'interventions plénières instrumentées qui suivent, en réservant l'institutionnalisation au TBI.

Ce regard comparé sur regard sur les deux catégories d'utilisateurs de l'outil laisse ainsi apparaître des spécificités catégorielles du côté de la conception des jeux ainsi que dans leur gestion *in situ*. Ce sont des usagers expérimentés qui semblent mieux entrevoir le potentiel orchestratif de l'outil et qui construisent en conséquence des techniques pour l'investir. Ce sont des usagers occasionnels qui pensent l'usage du TBI avec d'autres outils qu'ils connaissent mieux (LGD, etc...) mais qui rencontrent pour l'heure encore des problèmes dans la mise en oeuvre. Reste qu'au delà de cette diversité pointée, ce sont aussi des intentions communes de ne pas limiter le TBI à son seul potentiel monstratif. Considérer l'outil sous ce seul angle d'un renforcement du collectif ne permet pas d'épuiser la variété des pratiques construites : il s'agit aussi (et au moins dans les intentions) de disposer d'un outil au service d'un espace partagé et conjoint, vers l'aménagement d'un collectif augmenté, qui tend à s'afficher, un

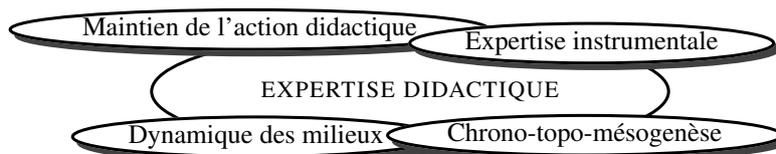
outil inscrit dans une dynamique à la fois de jeux et de schémas orchestratifs associés, mais aussi dans une dynamique des *milieux* du tableau et de l'espace de travail des élèves. Quelles formes prennent *in situ* et localement de telles intentions, quels problèmes soulèvent-elles localement ? Quelle part de responsabilité est laissée à l'élève dans le travail mathématique et instrumental d'épisodes d'utilisation de l'outil ? Il s'agit ici d'examiner les décisions prises localement par l'enseignant et relatives à l'utilisation de l'outil au sein d'une configuration didactique et d'un mode d'exploitation pensés a priori, en réponse à des besoins spécifiques révélés dans la conduite du jeu, besoins susceptibles de concerner à la fois les tâches mathématiques, l'outil lui-même, ou encore des buts plus spécifiques nécessaires à la conduite du jeu. Autrement dit, il s'agit de mieux d'attraper la composante de *performance didactique* des enseignants relative à l'utilisation du TBI, d'examiner comment elle s'exprime et prend forme à travers et par l'utilisation faite de l'outil *in situ*, en soutien des jeux en place dans la classe. L'examen d'épisodes locaux est entrepris dans la suite pour apporter un éclairage sur ces questions. Nous justifions en amont de cette dernière étude les choix d'épisodes effectués.

7.4 Episodes particuliers à l'étude

7.4.1 Choix des épisodes

Huit épisodes sont examinés dans la suite de ce chapitre. Trois d'entre eux concernent les usagers occasionnels de l'outil, les cinq autres relèvent de la catégorie des expérimentés. Nous examinons dans chacun des épisodes dans quelle mesure les schémas orchestratifs à l'oeuvre concourent au soutien de l'action didactique conjointe de la classe et en particulier quels gestes et techniques instrumentées sont construits au sein de l'environnement artefactuel TBI.

Il s'agit en somme de capturer, en déployant les outils de de la TACD (méso-chrono-topogénèse et dynamique des milieux TBI-élèves), la composante relative à *l'expertise didactique* des schémas orchestratifs mis en place. L'hypothèse que nous faisons ici est que cette *expertise didactique* s'exprime à la fois dans le maintien de la relation didactique conjointe enseignant-élève et à travers les potentialités et les contraintes de l'éco-système numérique TBI³¹.



31. Autrement dit, nous précisons la composante d'expertise didactique de Drijvers dans notre étude en pensant sa capture à deux niveaux interagissants : celui du maintien de l'action didactique conjointe et celui de l'environnement artefactuel et sa connaissance par l'utilisateur

Concernant les usagers occasionnels, les épisodes étudiés renvoient à des moments d'institutionnalisation du jeu, moments globalement surreprésentés chez ce public. Les épisodes retenus révèlent des scènes d'orchestration de l'outil dans une certaine mesure problématiques du point de vue de l'expertise instrumentale et/ou plus globalement du point de vue de la gestion de l'activité mathématisante de la classe. Dans le détail, concernant Jean-Charles, nous montrons comment une configuration didactique donnée laissant *a priori* une place à l'élève³² laisse *in fine* apparaître un faible partage des responsabilités avec un TBI avant tout envisagé comme espace d'accueil d'une écriture autorisée par l'enseignant et des gestes instrumentés encore en construction dans la gestion de cet espace. Chez Danièle, enseignante disposant d'une expertise établie dans l'usage des LGD, nous montrons que l'utilisation conjointe des environnements LGD et TBI révèle une certaine complexité sous estimée par cette enseignante. Dans le même temps, nous soulignons que les schémas orchestratifs retenus (configuration didactique, dynamique des milieux TBI-élèves) permettent de ne pas entraver le déroulement du jeu et de mettre la valeur monstrative résiduelle de l'outil au service de l'accompagnement du jeu. Concernant Christophe, nous montrons que dans une configuration didactique disposant de deux milieux TBI-élèves proches, son pilotage centré exclusivement sur l'enseignant, laisse apparaître une distance forte entre les procédures déployés par les élèves et celles exhibées au tableau. Nous montrons également l'existence d'implicite dans les gestes instrumentés de construction géométrique réalisés au sein de l'environnement TBI.

Concernant les usagers expérimentés, les épisodes retenus concernent une palette plus large des moments de l'étude. Les épisodes retenus révèlent globalement des schémas orchestratifs offrant un plus grand partage des responsabilités au tableau ainsi qu'une gestion de l'outil moins problématique. Ce sont également des schémas orchestratifs qui s'inscrivent plus efficacement dans la gestion du jeu. Dans le même temps, ce sont des potentialités de l'outil qui restent exploitées inégalement et parfois contractées autour de potentialités illustratives. Chez Bernard, nous montrons comment la dynamique des milieux TBI-élèves s'inscrit et participe à l'orchestration du jeu dans la classe, mais aussi comment le TBI sert la construction d'un milieu propre au service de la conduite du jeu. Nous montrons également quel partage des responsabilités instrumentales semble s'établir dans la classe. Concernant Murielle, nous examinons comment est pensé l'aménagement et la gestion d'un milieu TBI exclusif et technologiquement riche (LGD, tableur) dans la conduite et l'avancé du jeu. Nous examinons également comment est partagé l'usage de cet environnement dans des orchestrations collectives et en particulier quel traitement est fait de l'activité instrumentée spécifique de ces logiciels (feed-backs, etc..) dans ce collectif. En ce qui concerne Frédérique, nous montrons comment les schémas orchestratifs en place permettent de centrer l'attention de la classe et d'organiser l'espace TBI en un lieu partagé, siège d'une action conjointe entre l'enseignant et les élèves, au service de l'avancé du jeu.

32. C'est à dire offrant un pilotage centré sur l'élève, proche d'une configuration de l'élève sherpa

Codes utilisés pour la transcription des épisodes

Dans la construction du codage des épisodes, notre souhait est de mettre à jour la relation entretenue entre le discours du professeur et de l'élève avec ce qui affiché ou écrit au tableau. Il s'agit de rapprocher, pour rendre compte au mieux de l'utilisation faite de l'outil par les différents protagonistes, les prises de paroles (enseignant et élève) et la gestion éventuelle du tableau qui accompagne ces prises de paroles (à travers les gestes techniques et les actions réalisés sur l'outil TBI). Les codes de transcription retenus sont dès lors les suivants :

CODES TRANSCRIPTION	
<i>Concernant la prise de parole</i>	
[P] indique que ce qui suit est dit par le professeur	Les points de suspension indiquent quand une phrase n'est pas terminée
[E] indique que ce qui suit est dit par un élève	Les phrases entre parenthèses indiquent des précisions sur la situation
<i>Concernant la prise de parole et la gestion du tableau</i>	
<i>Les phrases en italique indiquent ce qui est dit en montrant quelque chose au tableau</i>	Les phrases en type machine à écrire indiquent ce qui est dit en écrivant au tableau
<i>Les phrases en type machine à écrire et en italique indiquent ce qui est dit en manipulant les outils du tableau autre que l'écriture</i>	
<i>Concernant le tableau</i>	
Les images indiquent ce qui est affiché au tableau. Chaque nouvelle inscription ou affichage au tableau est signalée par une nouvelle image	

Il s'agit pour nous ici de questionner l'inscription du TBI dans l'orchestration de la séance, que cette inscription soit prévue ou improvisée, et d'examiner la manière dont l'enseignant conduit la gestion du TBI en relation avec les enjeux du jeu, les élèves et la situation mathématique, et le souci de la recherche d'éléments remarquables dans l'action conjointe instrumentée du professeur et/ou de l'élève. Nous travaillons pour ce faire à l'échelle de l'épisode que nous définissons comme un moment (définition, dévolution, régulation, institutionnalisation) d'un jeu instancié par l'enseignant dans la classe ie un enchaînement de gestes techniques, d'actions réalisés sur l'outil TBI et d'échanges entre l'enseignant et les élèves en vue de parvenir à un but donné. Si chaque épisode possède son unité propre par le but spécifique qu'il poursuit, pour notre étude, nous décomposons ces épisodes en unités élémentaires centrées sur l'utilisation³³ de l'outil TBI. Nous dénommons scènes ces unités élémentaires, chaque scène étant construite pour contenir au plus une utilisation du

33. "utilisation" est prise au sens défini plus haut dans le chapitre (ie avec ou sans action de l'utilisateur sur l'objet)

TBI. Notons que la délimitation des scènes n'est pas problématique, la méthode choisie de transcription faisant apparaître chaque état du tableau au fur et à mesure de l'avancée de l'épisode.

Nous présentons enfin en amont de chaque épisode le contexte de ce dernier ainsi que les éléments orchestratifs dans lequel il s'inscrit, et en particulier la configuration didactique retenue ainsi que la dynamique des milieux TBI-élèves pensée pour le jeu.

7.4.2 Episodes relatifs aux usagers expérimentés

Le cas de Bernard

Contexte de l'épisode n° 1

Le travail de la classe est organisé en groupe. Trois relations fonctionnelles étant données, il s'agit de déterminer si les situations qu'elles modélisent relèvent de la proportionnalité et d'examiner si les accroissements des grandeurs en jeu dans chacune d'elles sont proportionnels.

- le poids idéal théorique d'une femme adulte en fonction de la taille T exprimée en cm

$$P_{it} = T - 100 - \frac{T-150}{2}$$
- l'indice de masse corporelle en fonction de la taille t exprimée en mètre, à poids p constant (ici $p = 70\text{kg}$) : $i = \frac{p}{t^2}$
- l'indice de masse corporelle en fonction du point p exprimé en kg, à taille t constante (ici $t = 1,70\text{m}$) : $i = \frac{p}{t^2}$

L'épisode étudié correspond à un épisode de correction du travail conduit sur l'une de ces relations. Il fait suite à un travail de groupe mené par les élèves C'est un travail dans le registre des tableaux³⁴ qui est attendu par l'enseignant et qui va être conduit dans cet épisode. Notons par ailleurs que l'intérêt porté sur les accroissements dans les situations n'apparaît ici que faiblement problématisé³⁵.

34. L'examen dans le registre des tableaux du caractère linéaire ou affine d'une relation fonctionnelle donnée dans le registre algébrique est une tâche classique du collège (sujette à des questions d'arrondis et renvoyant à la distinction délicate entre situation de proportionnalité et tableau de proportionnalité. Des alternatives existent : dans le domaine non strictement mathématique, le caractère linéaire/affine d'un lien fonctionnel n'est qu'approché. On choisit ou non de considérer au regard des données qu'il y a un lien de proportionnalité entre les deux grandeurs que l'on observe. Cela revient alors à considérer les relations linéaires ou affines comme modèle acceptable ou non d'une situation, et le cas échéant, d'étudier la situation à partir (produire des connaissances sur la situation modélisée, anticiper le comportement...) de son modèle fonctionnel retenu.

35. Leur modélisations fonctionnelles rendent en effet assez peu naturel l'examen de leur comportement local

Moment de l'étude : correction d'un travail -
institutionnalisation du jeu

Configuration didactique : accès à la ressource projetée
à l'écran - fonctionnalités d'annotation du TBI
(environnement E_2) - élèves disposés à suivre la
présentation et invités à corriger leurs travaux

Pilotage : centré sur l'élève

Adressage : à la classe

Documentation TBI : rappel de la relation fonctionnelle
à l'étude

Documentation élève : travaux issus de leur recherche.



Scène 1

(l'élève commence à écrire sur le tableau)

[P] : 19 donc tu remplis de la même façon. Heu, je vais te faire effacer ce que tu as écrit là, revient en arrière s'il te plait, on va reprendre les mêmes couleurs que Barry pour que ce soit plus parlant tout à l'heure quand on comparera, voilà le rouge pour le tableau, ensuite il avait utilisé le bleu pour les accroissements, le vert pour le coefficient d'accroissement.

[E] : 20 la taille en mètre, on avait 1 mètre 50

[P] : donc la différence pour ceux qui ont fait le premier tableau, les tailles étaient les mêmes, mais dans cette formule là, elles sont exprimées en mètre, alors que dans le travail que vous aviez à faire vous, elles étaient exprimées en centimètre.

[E] : donc on trouve.

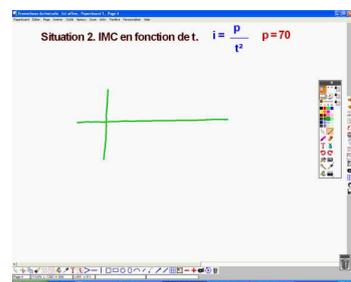
[P] : et tu as trouvé donc ?

[E] : 31,1 pour 1 mètre 50.

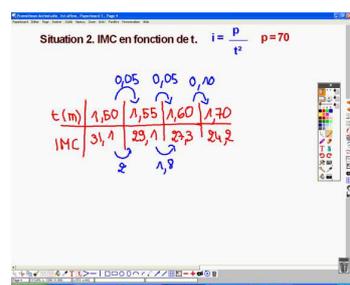
[P] : oui.

[E] : 39,1 pour 1 mètre 55.

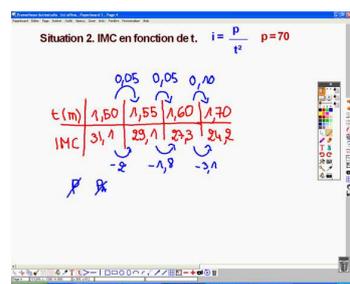
[P] : oui.



[E] : 27,3 pour 1 mètre 60.
 [P] : oui.
 [E] : 24,2 pour 1 mètre 70.
 [P] : bon très bien. Avant que tu n'ailles plus loin, quand vous avez fait ça ce matin, vous avez soulevé un problème, ceux qui ont fait ça qui était tout à fait juste, voyez vous le problème auquel je fais allusion ?
 (pas de réponse)
 [P] : c'est un problème où les deux groupes qui ont travaillé là dessus ont abordé le sujet.
 [E] : les arrondissements.
 [P] : voilà c'est le fait que l'on est dans des arrondis, que les valeurs que l'on trouve sont des valeurs arrondies et que par conséquent sur l'exploitation numérique du tableau, ça jette une zone de doute. Puisque l'on est en arrondi. On est bien d'accord là-dessus. Alors vas-y tu mets en bleu les accroissements que tu avais.
 (l'élève complète le tableau)
 [P] : d'accord et puis en ce qui concerne l'IMC ?
 [P] : Alors quand tu mets 2, je ne suis pas d'accord parce que si tu mets 2, ça veut dire qu'en partant de 31, tu arrives à 33.



[E] : 21 donc c'est moins 2
 [P] : donc c'est moins deux. D'accord, alors est-ce que vous aviez proportionnalité des valeurs ?
 [E] : non
 [P] : non, donc tu vas écrire le p barré.
 [P] : y avait il proportionnalité des accroissements ?
 [E] : non
 [P] : non plus, donc tu écris le pa et tu le barres.
 [P] : et donc vous, vous étiez libéré de la troisième partie qui était de trouver l'éventuel coefficient de proportionnalité.



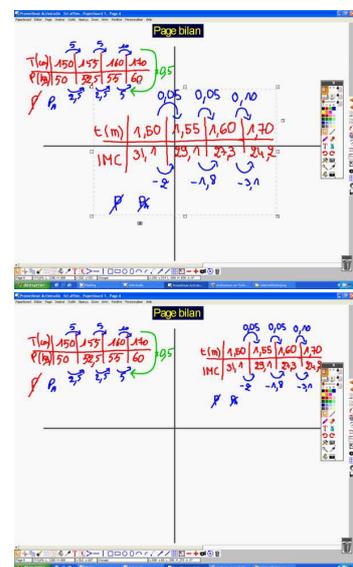
Scène 2

[P] : d'accord, donc vous en étiez là, je te remercie. Je vais faire comme pour l'autre, le sauvegarder. (le professeur copie le tableau et le colle dans une nouvelle page bilan dans laquelle figure déjà un premier tableau).

Donc un copier coller, avec le B2i, vous savez faire ça sans problème, aussi bien que moi.

Pardon. Aussi bien que moi voire peut être sûrement mieux même. Là ça y est, j'ai bloqué l'affaire (un incident se produit, le professeur ne parvenant pas à réduire la taille du tableau collé dans la page bilan) Voilà. C'est peut être un peu petit. Vous voyez là suffisamment au fond.

Voilà. Groupe numéro 3. Vous travailliez vous aussi sur l'IMC, mais par contre avec cette fois ci, la taille qui était fixée. Alors qui a travaillé sur le 3 ?

*Analyse de l'épisode n° 1*

Cet épisode est caractérisé par un double enjeu : d'une part, rendre publique au tableau la correction d'un travail conduit en groupe précédemment et d'autre part, construire, à partir de ce travail, une nouvelle référence commune - disposer au tableau de trois tableaux identiques à la fin de l'étude - qui servira la définition d'un nouveau jeu - l'examen pour une fonction affine de la proportionnalité des accroissements. C'est à la lumière de ce double enjeu que nous faisons dès lors l'examen de cet épisode.

Dans la première scène, la configuration didactique retenue envoie un élève rendre compte au tableau de ses résultats et un professeur, dans une position de retrait, observateur de la scène aux côtés des autres élèves. L'enjeu de construction, au sein de l'environnement TBI, d'une référence commune (les trois tableaux) vient peser sur le contenu de l'écrit. Il donne lieu à une certaine tension dans le partage topogénétique des actions instrumentées, à la fois dans la forme de l'écrit au tableau (choix des couleurs et choix du codage imposés par l'enseignant), ainsi que dans l'usage des fonctionnalités (indication par l'enseignant de l'action à faire au tableau - effacer - et de la fonctionnalité spécifique du TBI à utiliser - le retour arrière plutôt que la gomme). Ce sont des contraintes chronogénétiques (accélération de l'action de l'écrit au tableau en vue de la construction d'une nouvelle référence commune) et des contraintes de mise en forme de cette référence qui donnent lieu à un contrôle plus étroit par l'enseignant de l'écrit au tableau. Cette position de l'enseignant, géographiquement distante du tableau, est cependant maintenue dans cette première scène. Elle permet d'exploiter cette configuration didactique pour donner à voir aux autres élèves

de la classe, par l'intermédiaire d'un élève particulier, des techniques instrumentées relatives à l'usage du TBI, et construire ainsi l'expertise instrumentale des élèves en situation. Elle permet également de libérer l'enseignant de l'écrit et de disposer de l'attention de la classe pour explorer oralement certains aspects mathématiques de la tâche conduite au tableau (le problème des arrondis).

Dans la deuxième scène, qui consiste à coller le tableau qui vient d'être réalisé dans une nouvelle page "bilan", c'est une action instrumentée qui n'est plus du ressort de l'élève, et ce en dépit de ce qu'annonce le professeur : "*donc un copier coller, avec le B2i, vous savez faire ça sans problème, aussi bien que moi.*" Notons que l'enseignant rencontre quelques difficultés lors de cette opération mais arrive finalement à ces fins.

Ces deux scènes nous semblent illustrer une des potentialités de mutualisation³⁶ des travaux de la classe dans l'environnement TBI, des contraintes qui pèsent alors sur cette mutualisation, et du partage des fonctionnalités du TBI entre les élèves et l'enseignant, ce dernier étant le seul à disposer des fonctionnalités de l'outil autres que celles dédiées à l'écriture et à sa gestion, minimisant ainsi les possibles incidents instrumentaux.

Contexte de l'épisode n° 2

La situation proposée s'intéresse à différents carrés de côtés donnés pavés par des carreaux de côté unité. Cinq carrés sont mis à l'étude, le premier étant un carré de longueur de côté 1, les quatre suivants étant construits en augmentant successivement d'une unité la longueur de leur côté. L'activité est organisée en différentes phases : il s'agit dans un premier temps de construire le tableau de correspondance entre la longueur des côtés des cinq carrés et d'une part, leurs périmètres, puis leurs aires. Dans un second temps, on s'intéresse aux carreaux contours de chacun des carrés, c'est à dire aux carreaux ayant au moins un côté confondu avec un côté du carré, il s'agit encore de construire le tableau de correspondance entre la longueur des côtés des cinq carrés et le nombre de carreaux contours. L'épisode étudié consiste en la présentation à la classe de ce dernier travail à conduire.

Moment de l'étude : présentation d'un travail - institution du jeu

Configuration didactique : accès à la ressource projetée à l'écran - fonctionnalités d'annotation du TBI (environnement E2) - élèves disposés à suivre la présentation

Pilotage : centré sur l'enseignant

Adressage : à la classe

Documentation TBI : l'énoncé de la situation à l'étude

Documentation élève : le seul cahier d'exercices.



36. Dans le chapitre précédent, d'autres potentialités de mutualisation ont été pointées

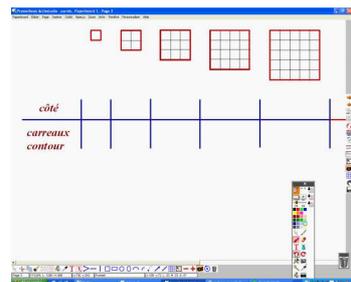
Scène 1

[P] maintenant que l'on a fait cela, on va passer à une troisième étude, concernant ces carrés.

(le professeur s'approche du tableau et affiche une nouvelle page) Cette troisième étude va nécessiter que *je vous explique un peu plus précisément ce que j'entends par carreaux contour que j'ai écrit de façon abrégé parce que la place me manquait*. C'est-à-dire que maintenant, ne dessinez pas, ne faites pas le tableau, on le fera quand les explications seront données. D'accord.

[P] maintenant que l'on a fait cela, on va passer à une troisième étude, concernant ces carrés.

(le professeur s'approche du tableau et affiche une nouvelle page) Cette troisième étude va nécessiter que je vous explique un peu plus précisément ce que j'entends par carreaux contour que j'ai écrit de façon abrégé parce que la place me manquait. C'est-à-dire que maintenant, ne dessinez pas, ne faites pas le tableau, on le fera quand les explications seront données. D'accord.



Scène 2

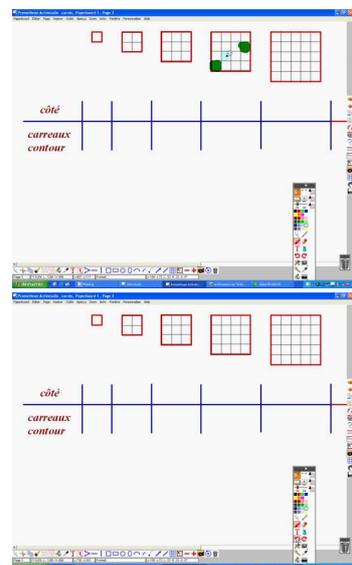
[P] *ce que j'appelle les carreaux contours, dans les carreaux que vous avez là, vous avez un certain nombre de carreaux, certains de ces carreaux ont au moins un côté qui est confondu avec le côté du carré, par exemple si je considère ce carreau là, il a deux côtés qui sont confondus avec le côté du carré, on est bien d'accord, enfin, confondu, je veux dire qu'on une partie commune. Si je considère ce carreau là, il a un côté qui correspond au côté du carré. Mais si je considère ce carreau ci, est ce que la couleur vous la voyez du fond ou est ce que je la change. Vous la voyez. Alors si je considère ce carreau, on voit bien que lui n'a aucun côté en commun avec les côtés du carré. Vous me suivez. Je vais donc considérer deux catégories de carreaux, il y a ceux qui comme les carreaux verts, sont sur la périphérie du carré, et il y a ceux qui comme le carreau bleu, ne sont absolument pas sur la périphérie. Ce que j'appelle les carreaux contour, ce sont les carreaux du type carré vert. D'accord, c'est-à-dire ceux que je trouve sur le tour du carré et ce que je vous demande maintenant c'est de me dire pour chacun de ces carreaux dessinés, combien il y a de carreaux de type vert, ce que j'appelle les carreaux contour. D'accord? Est-ce que quelqu'un a besoin d'une précision supplémentaire?*

[E] *est-ce que les carreaux comme le premier que vous avez inscrit en vert, est ce qu'il compte pour deux?*

[P] *alors c'est toi qui décide Aurélien. La consigne est donnée, tu l'interprètes, tu la comprends j'espère dans le sens où je voudrai, vous faites, vous vous mettez d'accord entre vous, vous faites, et puis tout à l'heure, au niveau du bilan, on verra tout ça. D'accord.*

Scène 3

(le professeur supprime les annotations présentes au tableau)

**Analyse de l'épisode n° 2**

Dans cet épisode, il s'agit pour l'enseignant d'instituer un nouveau jeu dans la continuité de deux études précédemment conduites. Ce qui est affiché au tableau est en de nombreux

points identique à ce qui a été présenté lors des deux études précédentes, seuls diffèrent les mots "carreaux contours" renseignés dans la première colonne du tableau.

Si la configuration didactique de l'épisode laisse apparaître un enseignant seul au tableau dirigeant la présentation, souhaitant disposer ainsi de l'attention de l'ensemble de la classe, ce sont également des éléments de la dynamique des milieux documentation TBI et documentation de l'élève qui concourent à un contrôle par l'enseignant de la gestion de la temporalité de l'épisode : il s'agit d'une part d'une consigne uniquement visible au tableau (ie non disponible dans la documentation élève), il s'agit d'autre part d'une consigne visible à l'écran qui ne permet pas à elle seule de débiter l'étude, mais qui doit être nécessairement accompagnée d'un discours du professeur pour s'engager dans l'étude. Cette configuration permet dès lors de faire avancer la classe entière au même rythme en même temps que de contrôler collectivement la compréhension des consignes données. La seconde scène donne lieu à la passation effective de la consigne par l'enseignant, prenant appui sur le seul milieu TBI disponible à l'ensemble de la classe. Les potentialités d'annotation du TBI viennent soutenir le discours mathématiquement rigoureux de l'enseignant pour diffuser la consigne et se substituent à la donnée écrite de la consigne aux élèves.

Cet épisode nous semble illustrer une alternative au sein de l'environnement TBI à la passation de consigne donnée par écrit aux élèves et une recherche d'optimisation de cette passation à la fois en terme d'avancé du jeu et d'engagement dans la tâche (la consigne donnée finalement oralement par le professeur - *dire pour chacun de ces carreaux, combien il y a de carreaux de type vert, ce que j'appelle les carreaux contour* - engageant les élèves *a minima* dans une activité de comptage effectif des dits carreaux). Notons cependant que la troisième scène se conclut par la suppression des annotations présentes au tableau, faisant ainsi disparaître toute trace de ce qui vient d'être présenté.

Le cas Murielle

Contexte des deux épisodes étudiés

La situation consiste en l'examen de la faisabilité de la construction d'une bordure de 110 mètres carrés en carrelage de largeur constante et n'excédant pas 5 mètres autour d'une piscine de 6 mètres sur 10 mètres. Cette situation a été présentée plus dans le détail précédemment dans ce chapitre.

Le premier épisode étudié est conduit par l'enseignant et correspond à une tentative de négociation d'algébrisation du problème (obtention de l'expression de l'aire de la bordure en fonction de sa largeur). Le second épisode, également conduit par l'enseignant au tableau, correspond à la résolution dans un environnement tableur, de l'équation solution du problème.

Moment de l'étude : régulation du jeu

Configuration didactique : accès à la ressource projetée à l'écran - fonctionnalités d'annotation du TBI et utilisation d'un LGD (environnements E2 + E1) - élèves disposés à suivre ce qui est au tableau et interagir avec l'enseignant

Pilotage : centré sur l'enseignant

Adressage : à la classe

Documentation TBI : l'énoncé de la situation et un fichier géogébra

Documentation élève : l'énoncé de la situation et leurs cahiers d'exercices



Scène 1

[P] : une première piste ? Mathilde ?

[E] : il faut calculer l'aire de la piscine

[P] : alors Mathilde, première chose, ça y est, j'ai perdu mon stylo, première chose, Mathilde, elle calcule l'aire de la piscine.

[P] : parce que...ça paraît évident, en tout cas facile à faire et on se dit que ça va peut être nous avancer dans le problème.

[P] : euh, les dimensions, c'est quoi ?

[E] : six et dix.

[P] : autrement dit l'aire de la piscine, elle fait ?

[E] : soixante

[P] : d'accord.

[P] : Sauf que là, j'ai un léger problème. C'est très bien de calculer l'aire de la piscine, mais ça tombe pas très bien, parce que moi, c'est quoi qui m'intéresse ?

[E] : la bordure

[P] : *c'est la bordure. Qu'est-ce qu'il faudrait éventuellement songer à faire en premier ?*

[E] : d'ajouter les deux aires pour trouver l'aire du grand rectangle.

[P] : alors Ianis nous dit, si j'ajoute 110 et 60, ça fera 170, autrement dit, l'aire du grand rectangle va faire 170.

[E] : parce qu'après, on pourrait peut être trouver combien font les côtés du grand rectangle

[P] : très bien, combien font les côtés du grand rectangle.

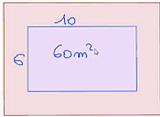
Alors on va chercher combien font les côtés du grand rectangle pour que ça fasse 170, c'est ça ?

[E] : oui

[P] : et après ?

Le problème de la piscine :
Le propriétaire d'une piscine rectangulaire de 6m sur 10m désire réaliser une bordure en carrelage de largeur constante.
Peut-il obtenir une bordure de 110m² ayant une largeur inférieure à 5 m ? Si oui, de quelle(s) largeur(s) ?

[3-11 piscine.mab](#)



The diagram shows a central rectangle representing the pool with a width of 6m and a length of 10m. The area of the pool is labeled as 60m². This pool is enclosed within a larger rectangle representing the pool with a border. The border has a constant width, denoted by the variable 'x' on all four sides.

Scène 2

[P] : *bon, je vous remets...qu'est-ce qu'on fait à chaque fois que l'on est dans cette situation, à chaque fois que j'ai utilisé les curseurs dans géogébra...*

[E] : la proportionnalité

[P] : *pas la proportionnalité, il y a une valeur qui varie, et l'aire de la surface, elle varie en fonction de la largeur, est-ce que vous êtes d'accord ?*

[P] : *l'aire de la surface qui est orange, elle varie en fonction de la largeur de la bordure. Vous êtes d'accord ou pas ?*

[E] : oui

[P] : *qu'est-ce qui nous aiderai ? quand on a une variable comme ça ?*

[E] : "f de"

[P] : *avant de faire "f de", "f de", f de"...*

[E] : "f de x"

[P] : "f de x". *Peut être que si l'on mettait une variable pour pouvoir calculer notre aire orange, ça va nous aider, parce que là il y a personne qui cherche à calculer l'aire ?*

[P] : *personne ? il va bien falloir la calculer l'aire orange non ?*

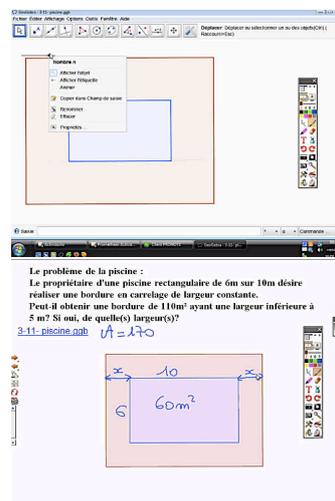
[E] : *on n'a pas de longueur...*

[P] : *on n'a pas de longueur, on sait que ça fait 6, on sait que ça fait 10; donc une fois que tu auras mis...*

[P] : *je reviens, on sait que ça, ça fait 10, si tu dis que tu cherches cette valeur là, tu cherches cette valeur là, je pense, je pense, mais je ne suis pas certaine que cette valeur là, j'arriverai à l'exprimer, Quentin ?*

[E] : $10 + 2x$

[P] : *d'accord, ça vous paraît insurmontable ou pas ? donc est-ce que vous vous sentez maintenant capable de calculer la surface orange ? oui, c'est bon, ça devrait aller*



Analyse de l'épisode n° 1

Dans ce premier épisode, il s'agit d'une tentative conduite par l'enseignant de mener la classe dans l'algébrisation du problème. Nous examinons ici comment l'environnement TBI est mis à contribution pour négocier cette entrée, dans une configuration didactique laissant apparaître l'enseignant seul devant le tableau.

Dans la première scène, le TBI permet de disposer collectivement d'une ressource identique à celle des élèves et de l'annoter pour déclarer publiquement les premières avancées dans le problème. Cette récupération de l'activité de la classe au tableau permet à l'enseignant de recouvrir une position topogénétique plus haute en statuant de l'insuffisance de ces premières avancées et de la nécessité d'une reprise de l'étude.

Dans la seconde scène, et devant les succès précédents, c'est le TBI (par l'intermédiaire d'un LGD) qui va être sollicité par l'enseignant pour tenter une nouvelle avancée dans le problème. Il s'agit ici de faire appel à la *mémoire didactique* de la classe, mais cet appel repose non pas sur des arguments mathématiques (problème du même type, etc...) mais plutôt sur des habitudes liées à l'usage du logiciel lui-même : "*bon, je vous remets...qu'est-ce qu'on fait à chaque fois que l'on est dans cette situation, à chaque fois que j'ai utilisé les curseurs dans géogebra*". Autrement dit, si la responsabilité d'entrée dans l'algébrisation du problème est reléguée au LGD, c'est l'évocation d'habitudes liées à son usage et non pas des arguments liés au problème lui-même qui est faite, relevant d'un phénomène d'*ostension instrumentale déguisée*.

Cette dernière tentative se solde également par un échec, le mot "curseur" mis en avant par l'enseignant n'ayant pas l'efficacité escomptée. Dès lors, la fin de la scène consiste à des avancées locales, conduites par l'enseignant, en s'appuyant successivement sur les mots "*varie*", "*f de*", pour *in fine*, faire émerger le mot "*variable*". Notons que cette phase est de la responsabilité de l'enseignant et constitue un passage quelque peu forcé³⁷

L'inefficacité des indices instrumentaux fournis de manière ostensive à la classe soulignent ici très certainement une surestimation par l'enseignante de leur fréquentation par les élèves. Mais ce que semble révéler cet épisode est la question de la nécessité de légitimation de l'entrée dans l'étude de tels logiciels pour la conduire. En effet, ici, si l'entrée en jeu du LGD est clairement pensée par l'enseignante pour servir la conduite de l'étude, cette entrée est du seul ressort de l'enseignante (pensée en amont dans la préparation du jeu). Dès lors, si elles ne sont pas explicitées, les motivations de l'entrée du LGD sont à découvrir et à élucider par les élèves. Ce sont alors des décalages entre les intentions de l'enseignant liées cette introduction et leur lecture par les élèves qui peuvent possiblement se produire³⁸. Cette précaution nous semble à prendre et constitue une distinction avec un usage de ces logiciels dans une configuration autre qu'est celle de la salle informatique, dans laquelle

37. En effet, une fois l'avancé déclarée par l'enseignant sur le mot "*variable*", la classe se questionne encore sur le manque de longueurs pour calculer l'aire de la bordure "on n'a pas de longueur...". Le professeur prendra alors la responsabilité d'annoter au tableau les valeurs manquantes (faisant apparaître la variable x) et engagera la classe dans un nouveau jeu ainsi redéfini.

38. Et qui se produisent effectivement ici

est à l'oeuvre une activité instrumentée de l'élève plus que résiduelle. Notons ici qu'en matière d'alternatives possibles, d'autres potentialités du LGD auraient pu s'exprimer³⁹. Ces dernières doivent cependant composer avec une activité instrumentée contrainte dans cet environnement (*ie* menée par l'enseignant voire un élève collectivement devant la classe).

Moment de l'étude : correction d'un travail -
institutionnalisation du jeu

Configuration didactique : accès à la ressource projetée à l'écran - fonctionnalités d'annotation du TBI et utilisation d'un tableur (environnements E2 + E1) - élèves disposés à suivre ce qui est au tableau et annoter le document distribué

Pilotage : centré sur l'enseignant

Adressage : à la classe

Documentation TBI : l'énoncé de la situation et un fichier géogébra

Documentation élève : un document présentant des tableaux issus d'une copie d'écran d'une feuille de calcul d'un tableur



Scène 1

[P] : *comment fait-on pour aller dans la première colonne efficacement et rapidement de 0 à 5 ? Mathilde ?*

[E] : il faut sélectionner...

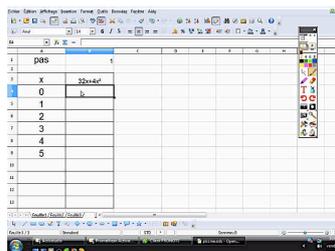
[P] : tu veux venir le faire ?

[E] : ...

[P] : *non, je le fais alors. Donc je me mets là.*

[E] : on sélectionne jusqu'où on veut aller.

[P] : *on fait comme ça ok.* On verra ensuite comment on fait pour utiliser le pas, parce que là on va de 1 en 1, donc autant utiliser la fonction, je ne sais plus comment ça s'appelle, je "descends" de mon tableur. On va regarder après comment on va faire pour utiliser le pas mais dans l'étape d'après. D'accord.



39. ces dernières ont été pointées dans l'analyse de la construction du jeu de cette séance plus haut dans ce chapitre

Scène 2

[P] : donc là, vous, sur votre tableau, vous faites comme ça. Vous avez x , $32x + 4x^2$, le pas c'est 1. Vous allez de 0 et comme vous utilisez la flèche, vous faites comme ça, ici, pour montrer que l'on a copier pour aller de un en un. D'accord pour cette première étape

pas	x
0	$32x + 4x^2$
1	
2	
3	
4	
5	

Scène 3

[P] : Bon alors évidemment, moi, ce qui va m'intéresser, c'est davantage à côté. C'est parti.

Jean ?

[P] : Qu'est ce que je mets dans la colonne de droite ? Pour que ça calcule tout seul évidemment, sinon, c'est pas drôle.

[P] : Clément ?

[E] : "32 fois 0 plus 4 fois 0 au carré"

[P] : alors tu me dis "32 fois 0 plus 4 fois 0 fois 0"

[P] : alors si je vais ça, il m'écrit "32 fois 0 plus 4 fois 0 fois 0", il est vachement obéissant.

[P] : Clément, qu'est-ce qu'il faut rajouter, tu lui demandes de faire un calcul.

[E] : ah oui, un "égal"

[P] : oui, un "égal". Alors évidemment, il va me le calculer, il donne 0, c'est logique, ça vaut zéro. Qu'est-ce que je fais après ? Corantin ?

pas	x	
0	$32x + 4x^2$	$32 \cdot 0 + 4 \cdot 0^2$
1		0
2		0
3		0
4		0
5		0

[E] : il faut descendre la flèche

[P] : je sélectionne, je descends. Il m'a mis "zéro". Alors c'est quoi le bug?

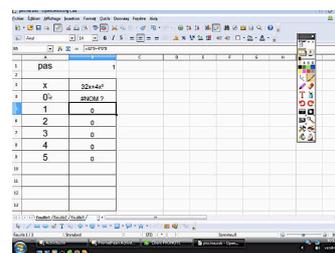
[E] : au lieu de mettre "zéro", il faut mettre le nom de la cellule

[P] : biensûr, si tu lui demandes de calculer "32 fois 0", à aucun moment, tu lui dis que tu veux une référence à cette colonne là. Si tu lui dis pas, je veux faire 32 fois la colonne qui est à côté de moi, il va pas la calculer la colonne qui est à côté de lui. D'accord, donc il faut faire une référence à cette cellule. Autrement dit, vous connaissez tous par coeur, c'est "32 fois A4" - je sélectionne et il y a A4 qui apparait - plus 4 fois - le carré je ne sais pas où il est, et c'est plus facile de faire A4 fois A4

[E] : et le carré du x

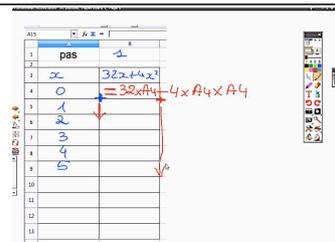
[P] : oui, mais j'ai fait le "petit 2" en haut sur la touche tabulation mais c'est pas un calcul

[P] : si je fais A4 et que j'utilise la même touche, la touche "carré", à ma connaissance, il me semble qu'il bug. Voilà. Il ne comprend pas. Donc il faut vraiment faire A4 fois A4



Scène 4

[P] : Donc qu'est-ce que vous notez, en rouge, parce que on l'a déjà vu plusieurs fois et ce n'est pas encore un automatisme. "égal 32 fois A4 plus 4 fois A4 fois A4", ça déborde mais ce n'est pas grave. Petite flèche et je descends jusqu'au 5.



Analyse de l'épisode n° 2

Il s'agit pour l'enseignante de conduire un moment de correction d'un problème mettant en jeu l'utilisation d'un tableur, et dans le même temps, de construire une expertise instrumentale des élèves du tableur et d'en garder une trace.

L'enseignante, seule au tableau, dirige l'étude. A cette configuration didactique, s'ajoute deux types de documentation : une documentation à destination de l'élève, pensée pour récupérer l'activité au tableau et une documentation à destination du TBI double, l'une identique à celle des élèves, l'autre exclusive du TBI et constituée de l'environnement tableur. Nous examinons ici plus particulièrement comment est conduite la gestion de cette

documentation plurielle et leur interaction.

Du côté de l'activité instrumentée relative à l'usage du logiciel tableur au sein de l'environnement du tableau, si celle-ci est du seul fait de l'enseignante dans la configuration didactique retenue, c'est une position topogénétique basse qui est tenue par l'enseignante, qui, dans une certaine mesure, se met à distance de l'outil : d'une part, en se positionnant en tant qu'exécutant des gestes instrumentés décrits par les élèves (la recopie vers le bas) et en veillant à préciser à la classe en retour le domaine de validité de ces techniques (*"là on va de 1 en 1, donc autant utiliser la fonction, je ne sais plus comment ça s'appelle, je descends mon tableur"*), d'autre part, en laissant à la charge du logiciel d'éprouver les propositions qui lui sont soumises, en s'appuyant sur les rétroactions qu'il fournit : *"alors tu me dis 32 fois 0 plus 4 fois 0 fois 0, alors si je vais ça, il m'écrit 32 fois 0 plus 4 fois 0 fois 0, il est vachement obéissant"*. Il s'agit dans cette configuration pour l'enseignant de rendre publique les rétroactions du logiciel, de conduire avec la classe leur examen, et de retrouver une position topogénétique quelque peu renforcée pour tenir *in fine* un discours explicatif sur les techniques instrumentées utilisées : *"si tu lui demandes de calculer 32 fois 0, à aucun moment, tu lui dis que tu veux une référence à cette colonne là. Si tu lui dis pas, je veux faire 32 fois la colonne qui est à côté de moi, il va pas la calculer la colonne qui est à côté de lui. D'accord, donc il faut faire une référence à cette cellule"*.

Du côté de la récupération par les élèves de l'activité instrumentée, le TBI permet d'afficher conjointement le tableur et le support à destination des élèves, pensé par l'enseignante pour rendre compte des techniques instrumentées mise en oeuvre dans l'environnement tableur, et de l'annoter. Notons ici que les fonctionnalités offertes par l'outil TBI permettraient de renseigner directement le support tableur (de façon manuscrite). La technique associée est cependant malaisée et nécessite quelques précautions. Cette technique est connue de Murielle, mais c'est ici un aménagement prévue par cette enseignante qui permet d'une part de contourner les difficultés de gestion de cette dernière et de minimiser les possibles incidents instrumentaux liés à sa mise en oeuvre, et d'autre part, qui minimise la distance entre la documentation élève et celle du tableau pour renseigner les traces écrites.

Ainsi, cet épisode souligne une configuration didactique mise en oeuvre par l'enseignante pour à la fois partager collectivement une activité instrumentée nécessairement contrainte par l'environnement TBI (*ie* réduite au fait d'un seul utilisateur, ici l'enseignant), et garder une trace de cette activité instrumentée. C'est également une documentation à destination de l'outil pensée en conséquence, utilisant conjointement l'environnement tableur et l'environnement paperboard du logiciel du tableau, et permettant ainsi de minimiser les problèmes instrumentaux.

Le cas de Frédérique

Contexte de l'épisode étudié

Il s'agit de construire une figure à partir de la donnée d'un texte descriptif (la figure est composée d'un carré et d'un triangle...) Cette tâche, proposée à la classe, est la dernière d'une longue liste et apparaît être problématique pour les élèves. Le professeur décide alors de réguler le jeu en envoyant un élève au tableau. Compte tenu du temps long d'ores et déjà consacré à la séance de mathématique dans cette classe de CM1 (environ une heure), le professeur décide en suivant d'institutionnaliser le jeu. L'épisode examiné concerne ces deux derniers moments.

Moment de l'étude : correction d'un travail - régulation et institutionnalisation du jeu

Configuration didactique : accès à la ressource projetée à l'écran - fonctionnalités d'annotation du TBI (environnement E2) - élèves disposés à suivre ce qui est au tableau et interagir avec l'enseignant

Pilotage : centré sur l'élève

Adressage : à la classe

Documentation TBI : l'énoncé de la situation

Documentation élève : une feuille blanche permettant de faire leur recherche



Scène 1

[P] : va nous dessiner, parce que là en fait, on a un problème de vocabulaire, c'est pour cela que l'on y arrive pas.

[E] : *et bien par exemple, il y a un carré* (l'élève dessine un carré au tableau)

[P] : oui, il y a un carré

[E] : *et là, c'est sur...*

[P] : *ça, c'est un sommet, oui.*

[P] : et il y a combien de sommets? (en s'adressant à la classe)

[E] : *quatre*

[P] : est-ce que tout le monde est d'accord? (l'élève commence à compléter la figure au tableau)

[P] : attends, attends, ne dessine pas l'intérieur

[P] : montre-nous les sommets.

[E] : *celui-là, celui-là, celui-là, celui-là.*

[P] : pour arriver à voir de quoi on parle, tu vas nommer les sommets, tu vas mettre des lettres, tu sais.

[E] : *A, B, C, D*

[P] : alors quand elle a nommé les sommets, qu'est-ce qu'elle a fait?

[E] : elle les a fait suivre.

[P] : elle les a fait suivre, et bien consécutifs, ça veut dire ça.

[P] : *donc le A et le B sont consécutifs, le B et le C sont...*

[E] : consécutifs

[P] : le D et le A aussi.

[P] : est-ce que le A et le C sont consécutifs? (en s'adressant à la classe)

[E] : non

[P] : ils sont comment?

[E] : ils sont des diagonales

[E] : ils sont opposés

[P] : *ils sont opposés, ils sont de chaque côté de la diagonale, on est d'accord.*



Scène 2

[P] : comme on arrive à la fin, on va finir ça. On va grossir ça. *Donne moi ton crayon. On va le grossir pour le voir un peu mieux.*

[P] : On pause tout. Alexis. Parce que là, ça a posé plus de soucis.

[P] : Alors Alexis, tu vas aider ta copine. *Tu vas nous lire la consigne. Pour obtenir le triangle...*

[E] : Pour obtenir le triangle, on joint deux sommets consécutifs du carré au centre du carré.

[P] : on joint deux sommets consécutifs du carré au centre du carré. C'est où le centre du carré ?

[E] : là

[P] : met un point, à peu près. (l'élève matérialise par un point le centre du carré)

[P] : comment on trouve le centre ?

[E] : *on mesure par exemple. On prend la moitié de là. (en désignant un côté du carré). On prend la moitié d'ici, on prend la moitié de là et la moitié d'ici...*

[P] : est-ce que ça marche pour trouver le centre ?

[E] : oui

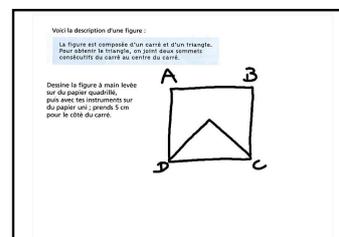
[P] : est-ce qu'il y a une autre méthode ?

[E] : on dessine les diagonales

[P] : on va tracer légèrement les diagonales et on va trouver le centre encore plus facilement que de mesurer les côtés tu vois.

[P] : *voilà, tu traces à main levée et il est où le centre ?*

[E] : là



Scène 3

[P] : alors, pour dessiner, tu vas prendre un autre stylo.
Alors, on joint deux sommets consécutifs du carré au centre du carré.

[P] : alors, vas-y. Tu choisis deux sommets consécutifs.

[E] : *celui-là et celui-là.*

[P] : et il faut joindre ou ça ?

[E] : au centre

[P] : allez, vas-y. (l'élève complète la figure)

[P] : *et après tu vas gommer les traits de construction qui sont en trop.*

[P] : alors est-ce que là, ça correspond ?

[E] : oui.

[P] : est-ce que tout le monde le voit que ça correspond ?

[E] : oui.

[P] : est-ce qu'il y a d'autres façons, est-ce que ça pourrait ressembler à autre chose ?

[E] : oui.

[P] : *tu traces à côté vite fait à quoi ça pourrait ressembler.*

Sans rien, juste comme ça. (l'élève trace une nouvelle figure)

[P] : voilà, ça pourrait ressembler à ça aussi.

[E] : et ça peut ressembler aussi à ça. (l'élève trace une nouvelle figure)

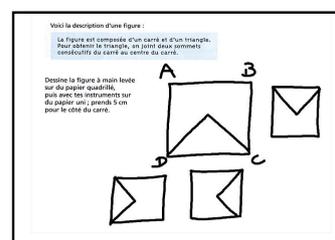
[P] : oui, est-ce qu'il y a encore autre chose ?

[E] : et aussi à ça. (l'élève trace une dernière figure)

[P] : d'accord. En fait, c'est la même figure que l'on a fait....

[E] : tourner.

[P] : on est d'accord. Tu peux aller à ta place.

**Analyse de l'épisode**

Dans la première scène de l'épisode, l'espace du TBI constitue la seule référence commune de la classe (les élèves n'ayant pas les consignes à leur disposition). Il est utilisé par l'enseignante pour recentrer l'attention de la classe (relecture des consignes). La configuration didactique retenue envoie un élève au tableau débiter la tâche jusqu'à exhiber l'élément bloquant du problème (le caractère consécutifs des sommets). Cette configuration permet ainsi rapidement la construction devant la classe d'un milieu TBI commun et proche de celui des élèves. Le professeur est durant cette phase dans une position en retrait, observateur de

la scène, et garant de la disponibilité de la classe.

Il s'agit ensuite pour l'enseignant de retrouver une position topogénétique plus haute et de s'appuyer sur le faire de l'élève au tableau pour remonter à la connaissance problématique à partir des connaissances disponibles de cet élève. Si dans une certaine mesure, l'élève présent au tableau est regardé comme un représentant des connaissances disponibles dans la classe, des précautions sont prises par ailleurs par l'enseignant pour s'en assurer : cela passe d'une part par des demandes d'approbation de la classe ("est-ce que tout le monde est d'accord?"), cela passe également par un contrôle de l'avancé de l'écrit au tableau ("attends, attends, ne dessine pas l'intérieur. Montre-nous les sommets."). C'est à partir in fine d'une tâche prescrite par l'enseignant à l'élève au tableau (nommer les sommets du carré) et de son analyse avec la classe que le caractère problématique de l'expression côtés consécutifs est levée : "alors quand elle a nommé les sommets, qu'est-ce qu'elle a fait ? - elle les a fait suivre, et bien consécutifs, ça veut dire ça." et que des précautions sont ensuite prises pour s'assurer de la compréhension de la classe.

Les scènes suivantes donnent lieu à une dynamique identique entre l'élève au tableau, l'enseignant et la classe. Du côté de l'utilisation faite du tableau, il est à noter que nous retrouvons ici un partage clair entre d'une part, les fonctionnalités d'annotation dévolues à l'élève et d'autre part, les autres fonctionnalités (manipulation, agrandissement) réservées à l'enseignant qui permettent d'optimiser l'espace du TBI pour une exploitation collective.

La dernière scène de l'épisode renforce l'idée globale de cet épisode d'un TBI servant la construction d'une référence commune exploitée par l'enseignant vaillant à un partage des responsabilités au tableau qui permet somme toute l'avancé du problème, mais dans le même temps, des fonctionnalités avant tout d'annotation du logiciel exploitées en ce sens : il en va de l'affichage au tableau des quatre cas de figures favorables demandées par l'enseignant ("*tu traces à côté vite fait à quoi ça pourrait ressembler. Sans rien, juste comme ça*") et de la remarque faite : "*en fait, ç'est la même figure que l'on a fait.... tourner*" qui est accompagnée d'un geste de la main et que les fonctionnalités de l'outil (rotation de l'image) auraient pu par ailleurs illustrer⁴⁰.

7.4.3 Episodes relatifs aux usagers occasionnels

Le cas de Christophe

Contexte de l'épisode étudié

L'épisode consiste en la correction conduite au tableau par l'enseignant d'une tâche de construction de symétrique d'une figure par rapport à un axe⁴¹. Il fait suite à un premier épisode correctif conduit également par l'enseignant au tableau dans un environnement LGD.

40. Notons d'ailleurs ici l'approximation faite par l'enseignant, c'est bien le fait de nommer les figures qui permettrait de distinguer les quatre cas possibles et non pas la rotation de l'une d'entre elles

41. la construction du jeu relative à cette séance a été détaillé plus haut dans ce chapitre

En particulier, certaines difficultés exhibées *a priori* dans l'analyse de la construction du jeu menée précédemment se sont révélées : l'exploitation d'un support au tableau différent de celui sur lequel les élèves ont travaillé (repère orthogonal quadrillé sur lequel seuls les points de la figure apparaissent pour le TBI, papier blanc et figure dans son intégralité pour le support élève) et l'utilisation de la macro "*construction du symétrique d'un point*" du LGD ont conduit à un passage en force à des procédures ponctuelles de construction non nécessairement mobilisées par les élèves. Dans l'épisode étudié ici, le projet consiste à reprendre la construction du symétrique de cette même figure mais à partir de deux symétries axiales successives d'axes perpendiculaires. Les élèves viennent de s'engager dans la construction du symétrique de la figure par rapport à un premier axe vertical. Au tableau apparaît un support identique à celui des élèves (papier blanc et figure).

Moment de l'étude : correction d'un travail -
institutionnalisation du jeu

Configuration didactique : accès à la ressource projetée
à l'écran - fonctionnalités d'annotation du TBI
(environnement E2) - élèves finalisant leurs travaux

Pilotage : centré sur l'enseignant

Adressage : à la classe

Documentation TBI : l'énoncé de la situation

Documentation élève : l'énoncé de la situation



Scène 1

[P] : donc. Pour tout le monde. Vous regardez s'il vous plait (P trace le segment AG en rouge)

[P] : S'il vous plait. Pour la correction. Parce qu'on va pas y passer un temps infini. Raphael. William. Pour tout le monde. Vous tracez pour avoir les symétriques, vous tracez ces segments là (P trace tous les segments qui relient les points du motif et le point G). Allez, vous les tracez tous. Maintenant.

[P] : je vais passez. Ne t'inquiète pas.

[P] : je vais aller sur la page suivante. *Pour ceux qui ont terminé de faire le symétrique par rapport à ce point. Là, vous tracez une droite ici* (P trace une droite horizontale qui passe par A, prolongement du côté de l'angle droit du motif). OK ? Raphael. Jessie, tu te retournes. Là. Vous tracez une droite qui passe par les... ce segment là et après vous tracez une droite perpendiculaire à ce point G passant par là. *D'accord ? Ce point là, le point O ?* Raphael, je te remercie de te concentrer sur le travail au lieu de t'amuser. Vous tracez la perpendiculaire là. Allez-y. (P passe dans les rangs)

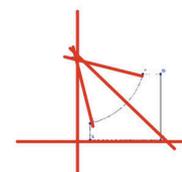
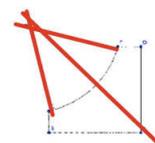
[P] : une fois que vous avez tracé la perpendiculaire, vous prenez ce point A. Tu regardes s'il te plait. Vous tracez le symétrique du point A par rapport à cet axe là (le vertical). Allez-y. (P passe dans les rangs)

[P] : Vous notez ici : axe D. Vous mettez axe D. *Ici. Jessie : tu as tracé cet axe D et cette droite ?*

[E] : celle-là d'en bas oui mais pas la D.

[P] : Donc maintenant, s'il vous plait. Vous prenez ce point-là, vous mesurez la distance (entre A et l'axe D, P trace une côte pour rendre compte de la distance) et vous la reportez ici (à nouveau est tracé une côte de l'autre côté et P code l'égale distance). (il n'est pas fait mention de la perpendicularité entre ces deux axes. L'axe étant horizontal et vertical, cela est implicite) (P passe dans les rangs)

[P] : vous faites pareil pour tous les points.



Analyse de l'épisode

Concernant cet épisode, un premier constat relève de la configuration didactique adoptée. L'enseignant est seul au tableau. Les élèves, quant à eux, sont pour la plupart fraîchement engagés dans la réalisation de la tâche prescrite par le professeur. Ici, c'est la nature même de l'intervention de l'enseignant qui diffère des épisodes précédents : cette interruption des jeux locaux des élèves, provoquée par l'enseignant, au profit d'un nouveau jeu en plénière, n'a ici pas pour finalité de faire un point d'étape de l'avancée des travaux, ni d'éprouver ou encore de statuer sur certaines procédures envisagées par la classe. Il s'agit plutôt d'une anticipation du travail des élèves comme le laisse entrevoir le discours introductif de l'enseignant : "s'il vous plaît. Pour la correction. Parce qu'on va pas y passer un temps infini". Sans être évidemment exclusif, cet état de fait, nous semble ne pas être étranger à une certaine difficulté à disposer de la disponibilité de la classe au cours de cet épisode.

Dans cet épisode, c'est une position topogénétique haute, tenue par le professeur au tableau qui s'exprime. Le TBI est ici un espace commun exploité avant tout pour donner à voir les tracés à effectuer (traitement de la tâche) et ne laissant que peu de place à un partage des responsabilités dans leur réalisation (discours sur les connaissances à mobiliser, conditions d'application de ces connaissances, etc...). Le discours de l'enseignant au tableau relève du registre procédural ("*Là, vous tracez une droite ici*" - "*vous prenez ce point-là, vous mesurez la distance*"). Le potentiel monstratif de l'outil permet de laisser place à un discours mathématique quelque peu flottant et centré sur le faire, les fonctionnalités de tracés du logiciel (reconnaissance et transformation de lignes approximativement perpendiculaires en droites perpendiculaires, etc..) quant à elles, alimentent le doute sur les conditions d'obtention de ces tracés⁴².

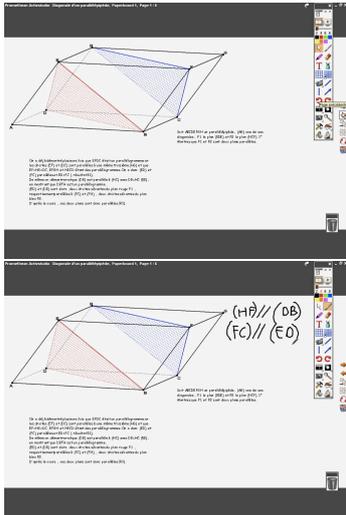
Globalement dans cet épisode, même si le milieu du tableau est identique à celui de l'élève, ce sont des procédures analytiques de construction que l'enseignant met en oeuvre, parfois éloignées de celles déployées par les élèves. En particulier, les fonctionnalités de l'outil (déplacement, retournement de figures) qui pourraient permettre de rendre compte de procédures plus globales de construction (et a minima d'anticiper l'action de la symétrie axiale sur la figure) ne sont pas utilisées. Autrement dit, l'épisode correctif ici consiste simplement à traiter publiquement au sein de l'environnement TBI, la tâche et les potentialités de l'outil ne viennent pas nécessairement enrichir ce moment. L'épisode se termine par le renvoi à la classe de la poursuite de la tâche (elle ne sera d'ailleurs pas finalisée au tableau). Notons que l'enseignant ne semble pas dupe de l'efficacité de son intervention, et à tout le moins, de son caractère suffisant pour clôturer la tâche prescrite ("je vais passer, ne t'inquiète pas").

42. aucun discours n'est tenu par l'enseignant pour expliquer la construction des axes de symétries perpendiculaires

Le cas de Jean-Charles

Contexte de l'épisode

Un parallélépipède étant donné, il s'agit de démontrer le parallélisme de deux plans en prouvant que deux droites sécantes de l'un sont respectivement parallèles à deux droites sécantes de l'autre. Cette tâche est la première d'une série de tâches dont le but est, à terme, la détermination de l'intersection d'une des grandes diagonales du parallélépipède avec ces deux plans parallèles. Dans l'épisode examiné ici, il s'agit d'institutionnaliser ce premier jeu. La configuration didactique retenue est celle d'un élève au tableau accompagné de l'enseignant.

<p>Moment de l'étude : correction d'un travail - institutionnalisation du jeu</p> <p>Configuration didactique : accès à la ressource projetée à l'écran - fonctionnalités d'annotation du TBI (environnement E2) - élèves disposés à suivre la présentation au tableau</p> <p>Pilotage : centré sur l'élève</p> <p>Adressage : à la classe</p> <p>Documentation TBI : l'énoncé de la situation</p> <p>Documentation élève : l'énoncé de la situation</p>	
<p>Scène 1</p> <p>[P] : donc vous avez tous la figure sous les yeux. Est-ce que quelqu'un d'entre vous veut venir rédiger si vous avez bien compris.</p> <p>[E] : oui</p> <p>[P] : tu gardes la figure sous les yeux (P désigne la documentation élève que celui-ci à apporter avec lui au tableau) et <i>quand tu as besoin, tu cliques là pour aller voir la figure. Commence par revenir à la figure. Et tu vas expliquer avant de l'écrire le mécanisme.</i></p> <p>[E] : on va démontrer que deux droites sécantes du plan sont parallèles à deux autres droites de l'autre plan</p> <p>[P] : d'accord, alors on va le faire petit à petit parce que on pourra pas tout faire. Dis-moi les candidats pour quelques soient parallèles ?</p>	

[E] : la droite (HF) et la droite (DB)

[P] : d'accord.

[E] : et la droite (FC) avec la droite (EB)

[P] : et si on démontre ça, et bien on aura gagné. Est-ce que vous êtes d'accord ?

[P] : tu vas peut être me mettre les deux que tu vas tester être parallèles. Il faut que tu sélectionnes le stylo. Voilà.

Et puis le noir et puis tu dis (HF) parallèle à (DB). ça c'est ce que l'on veut, attention, ce n'est pas démontré

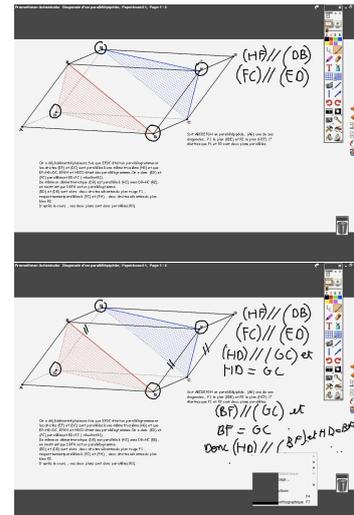
[P] : c'est un brouillon, ça. On s'en sert, on essaie de réfléchir. Et puis on va démontrer l'une des deux et si on a bien compris, l'autre on l'acceptera. Est-ce que vous êtes d'accord avec : on va démontrer ça.

[E] : oui

[P] : bon maintenant, on va le faire à l'oral et ensuite à la page suivante, on écrira la démonstration. Donc tu vas te consacrer à (HF) parallèle à (DB). Qu'est ce que tu en dis ?

[E] : J'ai utilisé la quadrilatère HDBF. [P] : grossi les quatre points. Entoure les quatre points en noir pour qu'on les voit bien.

[P] : presque tous, vous m'avez dit, ce sont des diagonales dans des plans parallèles, alors elles sont parallèles. ça c'est fantaisiste, car cette droite aussi est une diagonale, elle n'a rien de parallèle avec celle-ci.



<p>[E] : et si on dit deux diagonales identiques ?</p> <p>[P] : et ça veut dire quoi deux diagonales identiques ?</p> <p>[E] : dans le même sens.</p> <p>[P] : voilà dans le même sens, on est pas sur que tu vas un peu de biais. ça c'est un raisonnement qui tient à dire que si une droite est prise dans un plan et l'autre est incluse dans un deuxième plan et qu'ils sont parallèles, elles sont automatiquement parallèles. Vous prenez une droite du plafond, vous prenez une droite du sol dans une autre direction, les plans sont a priori parallèles, c'est pas le cas ici, le toit n'est jamais parallèle au sol, mais admettons qu'il le soit, il y a aucune raison qu'une droite qui est là et une droite qui est ici soient parallèles.</p> <p>[E] : mais comme on sait que les deux parallélogrammes sont identiques et que c'est la même diagonale, elles sont parallèles non ?</p> <p>[P] : celle-là aussi je te dis, c'est la même. Le raisonnement qui est dessous, c'est je vois que. C'est pas meilleur. Il n'y a pas de théorème qui explique cela. Alors que ce qu'elle va faire a priori, ça va être bon.</p>	
<p>[P] : <i>donc vous regarder les quatre points. Deux droites pour lesquelles il est indiscutable que ce soit parallèle. Vas-y.</i></p> <p>[E] : <i>(HD) et (GC) parce qu'elles sont toutes les deux parallèles à une même troisième.</i></p> <p>[P] : <i>d'accord et on remarque aussi qu'elles ont la même longueur. Donc tu peux écrire : (HD) parallèle à (GC) et longueur HD égale longueur GC.</i></p> <p>[P] : <i>et on le marque sur la figure, on met même longueur.</i></p> <p>[P] : <i>on recommence avec ça (GS) et (GC). Tu peux écrire en dessous si tu veux bien. De toute façon, on va être obligé de faire une deuxième page.</i></p> <p>[P] : <i>voilà, est-ce que vous êtes d'accord avec ça. Maintenant donc si deux droites sont parallèles à une même troisième, elles sont parallèles entre elles. Donc on en déduit...</i></p> <p>[E] : Monsieur, c'est toujours le brouillon ça ?</p>	

<p>[P] : vous le notez, si c'est clair, au fur et à mesure.</p> <p>[E] : c'est quoi la rédaction ?</p> <p>[P] : je ne vais pas recommencer. <i>Donc (HD) parallèle à (BS)...</i></p> <p>[P] : il veut pas l'enlever ça ? (dysfonctionnement de la gomme, le professeur reprend le stylet du tableau à l'élève)</p> <p>[P] : HD=BF. On va s'arrêter là pour l'instant. Dites au moins si tout le monde est d'accord pour l'instant. <i>On passe à la page suivante.</i> Vous avez des questions à poser, c'est maintenant.</p> <p>[P] : parce que ensuite, vous vous aurez la figure, mais nous, on ne l'aura plus. Je t'écoute.</p> <p>[E] : Quand on rédige, comment fait-on ? (le professeur se déplace jusqu'au bureau de l'élève)</p> <p>[P] : ça c'est bon, ça c'est bon, <i>donc là tu vois, on n'a pas surchargé. On a juste mis qu'ils sont parallèles.</i></p> <p>[P] : <i>vous voyez les quatre points. Qu'est-ce que l'on a réussi à démontrer : que ces quatre points étaient sur des droites parallèles, donc ils sont coplanaires. Et dans ce plan, quelle figure ils forment ?</i></p> <p>[E] : un parallélogramme.</p> <p>[P] : Pour quelle raison ?</p> <p>[E] : parce qu'il y a deux côtés parallèles et égaux.</p>	
---	--

Analyse de l'épisode

Deux faits notables apparaissent dans cet épisode. D'une part, et malgré une configuration didactique envoyant conjointement un élève et l'enseignant au tableau, c'est une position topogénétique dominante de ce dernier relative à la gestion de l'écrit au tableau qui s'affirme, à la fois dans le contenu ("*donc tu peux écrire : (HD) parallèle à (GC) et longueur HD égale longueur GC*") et les gestes instrumentaux associés ("*il faut que tu sélectionnes le stylo, et puis le noir*"). C'est également un espace collectif TBI qui n'est pas aménagé en terme d'autonomie par rapport à la documentation élève : la démonstration conduite au tableau ne peut que partiellement s'appuyer sur la figure visible au tableau, puisque cette dernière sera amenée à disparaître dès lors qu'il faudra disposer de plus d'espace pour l'écrit, la création d'une nouvelle page blanche par l'enseignant au cours de la rédaction s'accompagnant de la perte de la figure à l'écran.

D'autre part, c'est un espace TBI qui n'est que faiblement exploité par l'enseignant dans la

conduite du jeu : il en va ainsi de la scène centrée sur la disqualification d'une proposition de la classe relative au parallélisme de droites incluses dans des plans parallèles ("*presque tous, vous m'avez dit, ce sont des diagonales dans des plans parallèles, alors elles sont parallèles. ça c'est fantaisiste, car cette droite aussi est une diagonale, elle n'a rien de parallèle avec celle-ci*"). Cette dernière est conduite par l'enseignant en prenant appui sur l'espace classe ("*vous prenez une droite du plafond, vous prenez une droite du sol dans une autre direction...*") et non pas sur les potentialités d'un LGD (par ailleurs disponible car préparé par l'enseignant mais non utilisé durant tout l'épisode) ni même sur la figure présente au tableau⁴³.

Autrement dit, les potentialités de l'outil TBI, par l'intermédiaire notamment de l'usage d'un LGD ne sont que faiblement sollicitées dans la conduite de l'étude. Lorsqu'elles le sont, ce sont à des fins illustratives - codage couleur de la figure, etc...- c'est à dire des techniques plus volontiers conformes (et transférables) à un environnement papier-crayon et qui ont d'ailleurs une certaine efficacité dans cet environnement (point bicolore pour l'appartenance à deux plans, etc...)

Notons ici pour terminer un dernier fait relatif au statut de l'écrit dans l'environnement TBI. Si celui-ci est fait sous contrôle étroit de l'enseignant, le contrat semble quelque peu moins clair pour les élèves ("*monsieur, c'est toujours le brouillon ça ?*" - "*Quand on rédige, comment fait-on ?*"). C'est sa gestion délicate - et du coup son économie - au TBI (mais aussi sûrement les déclarations de l'enseignant relatif à cet écrit : "*c'est un brouillon, ça. On s'en sert, on essaie de réfléchir*") qui semble laisser planer un doute sur son statut, l'écrit trouvant plus classiquement un espace d'accueil sur le tableau noir dans la pratique de cet enseignant.

Le cas de Danièle

Contexte de l'épisode

Il s'agit de déterminer le rapport d'une similitude connaissant deux points et leur image respective dans un plan repéré. Cette tâche est une des premières tâches d'une feuille de TD programmée pour la séance de deux heures. Elle est présentée comme une tâche simple et non problématique par le professeur. Ce travail avait été donné lors d'une précédente séance et il s'agit dans l'épisode examiné de conduire sa correction au tableau. La configuration didactique retenue par l'enseignant diffère quelque peu des configurations précédentes. L'espace au tableau s'organise de la façon suivante : le TBI accueille un logiciel de géométrie dynamique, le tableau noir est, quant à lui, réservé à la correction manuscrite. Il s'agit d'une première tentative pour l'enseignant d'utiliser l'environnement LGD conjointement avec les fonctionnalités d'annotation du TBI (environnement E1'). Un premier incident instrumental est d'ores et déjà apparu dans un épisode précédent, concernant l'oubli du calibrage de l'outil. L'épisode étudié se déroule en suivant.

43. Notons d'ailleurs que cette disqualification menée dans l'espace classe n'emportera pas la conviction des élèves dès lors qu'il s'agira de revenir au contexte de la figure étudiée

Moment de l'étude : correction d'un travail -
institutionnalisation du jeu

Configuration didactique : accès à la ressource projetée
à l'écran - fonctionnalités d'annotation du TBI
(environnement E2) et LGD - élèves disposés à suivre la
présentation au tableau

Pilotage : centré sur l'élève

Adressage : à la classe

Documentation TBI : l'environnement LGD

Documentation élève : l'énoncé de la situation



Scène 1

[P] : voilà, tu vas pouvoir faire la figure. Le point $A(1, -1)$.

[E] : je dois juste appuyer là dessus ?

[P] : *si tu veux, tu peux mettre une grille. Tu vas dans
affichage, voilà, grille, et là, tu mets tes
points très facilement*

[P] : *après le point $B(2, -3)$*

[E] : et pour nommer un point ?

[P] : normalement, c'est clic-droit mais là euh...

[P] : *tu peux ici marquer "A="* (P désigne la barre de saisie
de géogébra)

[P] : *alors pour écrire, tu dois cliquer sur cet icône là. Et là,
tu peux écrire.*

[P] : parce que pour nommer un point sur géogébra, il faut
mettre "=" entre le point et les coordonnées.

[P] : tu fais ok, euh... (la technique proposée par
l'enseignant n'apparaît pas fonctionner)

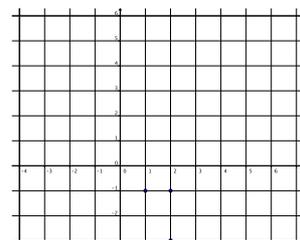
[P] : on va le faire avec la souris si ça ne marche pas.

[P] : *bon, bien on sait que c'est A, B, C. Vous avez votre
dessin, ça tombe bien.*

[P] : bon, alors on t'écoute, tu as écrit que l'image de O,
c'était C, l'image de A, c'est B.

[P] : alors, comment va t'on trouver le rapport de la
similitude ?

[E] : et bien, on connaît les coordonnées du point O, du
point A, du point C, on peut...euh...



[P] : tu connais les coordonnées ?

[E] : oui.

[P] : Alors pour trouver le rapport de la similitude ?
comment on fait pour trouver le rapport de la similitude ?

[E] : et bien on fait OC sur AB.

[P] : quelle est la définition d'une similitude ? (pas de réponse de l'élève au tableau)

[P] : comment trouve t'on le rapport d'une similitude ?
(toujours pas de réponse)

[P] : si j'ai une similitude qui au point M associe le point M' et au point N associe N', quel est le rapport de la similitude ?

[E] : j'en sais rien

[P] : t'en sais rien Raphael ? définition d'une similitude Raphael ?

[E] : c'est une transformation, ça conserve les angles et les distances

[P] : ça conserve les angles et les distances ? ça conserve les distances une similitude ?

[E] : par rapport à...

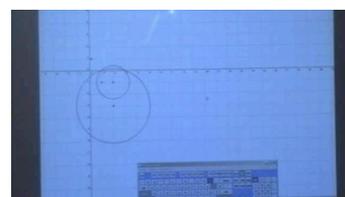
[P] : non, ce n'est pas ça la définition d'une similitude.

[E] : les rapports des distances

[P] : ça conserve les rapports des distances. Autrement dit si je demande le rapport de la similitude, je demande le rapport de la distance entre deux points images et la distance entre deux points antécédents. Alors, si je dis qu'à O j'associe C et qu'à A j'associe B, quelles sont les images ?

[E] : C et B

[P] : quels sont les antécédents ?



[E] : O et A.

[P] : comment je vais trouver le rapport ?

[E] : CB sur OA (le professeur passe dans les rangs, valide le travail localement, pendant ce temps, l'élève au tableau noir rédige la solution de l'exercice)

[P] : quand même, je vous trouve assez extraordinaires de faire des calculs aussi compliqués pour trouver CB et OA. On va laisser Raphael finir.

[P] : *je suis d'accord sur le résultat, mais franchement, si vous avez le point B, le point C, quelle est la distance BC ? Regarde là.* (le professeur pointe le TBI)

[E] : 2.

[P] : si vous aviez été dans un repère (O, i, j) habituel, comme en première, tout le monde aurait dit BC égal 2.

[P] : quelle est la distance OA ?

[E] : $\sqrt{2}$

[P] : *oui, ici on a un carré de côté 1, la diagonale d'un carré de côté 1 c'est $\sqrt{2}$. Donc $\frac{BC}{OA}$ égal $\frac{2}{\sqrt{2}}$ égal $\sqrt{2}$*

Analyse de l'épisode

Deux faits notables apparaissent dans cet épisode. D'une part, c'est un TBI servant la construction d'une référence commune (la figure support de l'exercice), laissée à la charge de l'élève⁴⁴ et devant permettre son exploitation dans la conduite de la résolution de l'exercice.

D'autre part, ce sont des problèmes instrumentaux liés à l'usage conjoint du LGD et de l'environnement du tableau. Un premier incident instrumental se produit dès lors qu'il va s'agir de nommer les points construits dans l'environnement LGD. Si la technique instrumentée est connue de l'enseignant dans l'environnement LGD seul ("*normalement, c'est clic-droit mais là euh...*"), c'est à la fois une tentative d'autonomie d'utilisation du clavier au TBI mais également, une anticipation défailante de l'utilisation conjointe de l'écriture manuscrite et d'un LGD dans l'écosystème TBI⁴⁵, qui va conduire à un nouvel incident instrumental : la technique proposée par l'enseignant de renseigner de manière manuscrite

44. c'est cependant rapidement une position de l'enseignant qui prend une certaine épaisseur et un discours dans le registre du prescriptif qui s'installe "*tu vas dans affichage, voilà, grille, et là tu mets les points très facilement*", etc...

45. Notons que cet usage particulier de l'outil est effectivement problématique (en tout état de cause, chez les enseignants suivis ici) et on observe chez les enseignants expérimentés, des stratégies de contournement de cette utilisation de l'outil (par exemple, chez Murielle avec l'usage du tableau)

la barre de saisie du logiciel géogébra s'avère infructueuse. ("*tu peux ici marquer "A=" - "tu fais ok, euh...on va le faire avec la souris si ça ne marche pas"*). Cette première scène se solde alors par l'abandon de la ressource TBI jugée pour l'occasion par l'enseignant de non fondamentale : "*bon, bien on sait que c'est A, B, C. Vous avez votre dessin, ça tombe bien*". C'est dès lors la stricte correspondance des documentations TBI-élèves qui permet de ne pas bloquer le déroulement du jeu. Cette hiérarchie dans les ressources qui s'exprime particulièrement chez les usagers occasionnels, n'est pas sans poser le problème de la conception de ressources TBI qui trouveraient une plus grande utilité et pertinence dans le déroulement du jeu. Dans la dernière scène, l'outil TBI retrouvent des fonctions illustratives qui permettent à l'enseignant de tenir un discours sur le coût des techniques de résolution déployées par les élèves au regard de la complexité jugée toute relative de la tâche.

7.5 Conclusion

L'examen de ces quelques épisodes ciblés permet de conforter et préciser une frontière relativement nette entre les deux catégories d'usagers. Il permet dans le même temps de moduler certains phénomènes catégoriels observés.

Un premier élément d'ordre général, renvoyant aux craintes exprimées d'un renforcement de l'ostensif dans les pratiques médiées par l'outil TBI, peut être avancé : il apparaît, dans le suivi effectué, que le TBI chez l'ensemble des usagers, ne vient pas nécessairement s'ériger comme un catalyseur de l'ostensif. En cela, les inquiétudes formulées dans cette direction semblent quelque peu prématurées, et en tout état de cause, le lien n'est pas fait ici.

Chez les usagers expérimentés, le TBI apparaît être un espace partagé qui n'aplanit pas nécessairement la responsabilité des élèves. Cette intention est présente notamment dans des schémas orchestratifs qui imposent la présence du maître au tableau, à travers une action conjointe enseignant-classe dans des épisodes dialogués qui veillent à un partage de l'activité mathématique au tableau. Du côté des fonctionnalités de l'outil, en revanche, une répartition en faveur de l'expertise instrumentale de l'enseignant se dessine. Cette répartition au profit du professeur, seul à disposer des fonctionnalités avancées de l'outil, permet de minimiser les incidents instrumentaux mais dans le même temps, contracte l'expertise instrumentale des élèves.

Un autre phénomène à l'oeuvre dans cette catégorie s'observe avec une utilisation relativement restreinte des fonctionnalités avancées de l'outil. Ce phénomène s'affiche au niveau de la construction de ressources à destination de l'outil, c'est à dire lors de l'activité de conception du jeu par l'enseignant. Il s'affiche également au niveau de la gestion *in situ* du jeu, autrement dit c'est la performance didactique de l'enseignant qui ne s'exprime pas nécessairement à travers l'usage des fonctionnalités avancées de l'outil. Ce sont des ressources esthétiquement proches des ressources plus traditionnelles qu'accueille le TBI. Ces sont aussi des trajectoire des jeux en classe qui ne sont pas nécessairement bouleversées par

l'arrivée de l'outil et ceci même quand le TBI profite d'une certaine richesse de ressources disponibles au tableau (l'exemple de Murielle disposant d'un LGD et d'un tableur mais une trajectoire du jeu proche d'une trajectoire de jeu papier-crayon). Nous avons pointé dans un chapitre précédent que cette absence de renouveau dans la ressources à destination de l'outil relevait en partie des difficultés, parfois insoupçonnées, de conception et d'utilisation des ressources au sein de l'environnement TBI (coût instrumental d'une ressource et ses deux valences : coût instrumental de conception, coût instrumental d'utilisation). Si cet état de fait participe de l'explication d'un paradoxe d'une relative stabilité des pratiques malgré un renouveau potentiel des ressources mises à disposition dans la classe à travers l'outil TBI, ce que montre également l'examen des séances est la levée au moins partielle d'un autre paradoxe plus résistant apposant stabilité des pratiques et adhésion très marquée des enseignants à l'outil. Ce ne sont pas tant des arguments liés au caractère pléthorique des ressources, ni à des arguments attachés au caractère résolument technophiles des utilisateurs qui permettent d'avancer dans la levée de ce paradoxe. Ce que confirme cette étude est plus volontiers une recherche d'optimisation de schémas orchestratifs locaux qui s'opère. Cette optimisation s'appuie non pas tant sur la nouveauté des ressources au tableau mais bien plus ici sur des choix relativement stables et partagés par les usagers expérimentés d'éléments constitutifs des schémas orchestratifs : dynamique des milieux TBI-élève permettant de penser le partage de l'activité cognitive dans ces deux lieux, partage contrôlé des actions instrumentées au TBI permettant l'aménagement d'un espace partagé au tableau, minimisant les incidents instrumentaux, et participant à la genèse instrumentale des élèves, etc... Si ces gestes et techniques instrumentés développés par ces enseignants à la fois dans la conception et dans la gestion du jeu semblent plus volontiers concerner la chronogénèse et la topogénèse des jeux, il n'en reste pas moins qu'ils participent à une certaine cohérence et efficacité dans le déroulement du jeu de la classe. Autrement dit, si l'adoption forte de l'outil TBI par ces usagers renvoie à des raisons qui peuvent apparaître quelque peu extérieures à l'expertise didactique stricte, ces dernières sont suffisamment importantes pour maintenir l'intérêt porté par ces enseignants dans l'outil et leur engagement souvent coûteux dans une utilisation quotidienne de l'outil en classe.

Chez les usagers occasionnels, ces mêmes gestes sont encore en construction. Si des intentions du même ordre sont parfois lisibles, elles rencontrent des problèmes d'opérationnalisation (besoins instrumentaux sous-estimés, phénomène de transparente facilité, etc...). Ce sont à la fois une faible inscription du TBI dans le jeu (et une faible nécessité d'utilisation de l'outil pour le déroulement du jeu) mais aussi une expertise professionnelle longue dont dispose ces enseignants (en dehors de l'usage de l'outil) qui permettent dans de tels cas de ne pas entraver le déroulement du jeu. Cet état de fait nous apparaît souligner deux faits principaux : d'une part, un temps d'appropriation de l'outil relativement long. Ce temps d'appropriation, au regard de celui du tableau noir par la profession, est encore très limité et doit atténuer d'éventuelles craintes et forcer la bienveillance quand aux usages naissants. Si crainte il doit y avoir, c'est plutôt du côté de la durée de vie de l'outil dans l'institu-

tion scolaire, le temps d'appropriation de l'outil n'étant peut être pas compatible avec le temps du renouveau technologique dans les classes. D'autre part, c'est un accompagnement des nouveaux utilisateurs de l'outil qui ne doit pas se s'aplanir à un discours technique, ni même à un discours sur les potentiel de renouveau des ressources. C'est un accompagnement qui doit également intégrer des variations plus fines dans les pratiques liées à l'outil, celles-là même en construction chez les usagers expérimentés suivis dans ce travail.

Chapitre 8

Conclusions et Perspectives

Sommaire

8.1	Questions inaugurales	363
8.2	Résultats de l'étude	363
8.3	Cadrage théorique et méthodologique : potentialités et limites	373
8.4	Questions posées par l'étude et perspectives	376

Nous revenons, dans ce chapitre conclusif, sur les questions inaugurales de notre travail. Nous synthétisons les connaissances produites sur ces questions ainsi que les moyens d'étude que nous avons déployés en conséquence. Nous revenons plus largement sur l'outillage théorique et méthodologique de l'étude en examinant ses potentialités et les limites entrevues. Une dernière partie est dévolue aux perspectives ouvertes par cette étude sur le développement et la compréhension des pratiques médiées par la technologie TBI des enseignants de mathématiques

8.1 Questions inaugurales

Ce travail de thèse a consisté en une étude exploratoire sur les pratiques enseignantes médiées par les TBI, nouvelle technologie potentielle remplaçante du traditionnel tableau noir et distinctive à plusieurs égards des autres technologies disponibles dans l'enseignement et jusqu'ici étudiées par la didactique. Notre intérêt s'est tourné vers l'appropriation de cette technologie par les professeurs et l'étude des genèses d'usage associées, en positionnant le TBI comme outillant en premier lieu le travail de l'enseignant. En pensant les usages du TBI dans leur diversité et en considérant le caractère nécessairement long des processus d'appropriation de cette technologie, nous avons formulé une première série de questions : Comment se développe-t-elle ? Existe-t-il des adaptations spontanées ? Comment ces adaptations évoluent-elles ? Quels sont les usages privilégiés de l'outil ? Existe-t-il des régularités identifiables intra et inter usagers de l'outil ? En positionnant le TBI comme support des échanges dans la classe, inscrit dans la mise en scène du jeu didactique de la classe, une seconde série de questions a été également posée : L'adoption du TBI par les enseignants nécessite-t-elle de penser des reconfigurations didactiques ? L'intégration du TBI dans l'activité enseignante suscite-t-elle la construction de nouveaux gestes professionnels ? Et dans l'affirmative, quels sont ces nouveaux gestes et quels sont les besoins liés à leur construction ?

8.2 Résultats de l'étude

Ce travail de thèse a permis une première avancée sur ces questions et a également conduit à la construction et l'adaptation d'outils au niveau méthodologique. Il met en évidence des différences marquées entre la situation française de déploiement des TBI et la situation anglaise, souvent érigée en exemple, à la fois en terme de moyens et en terme d'attentes institutionnelles. Il met également en évidence la spécificité de cette technologie et des genèses associées. Il souligne que cette spécificité oblige, pour appréhender les usages, à aller au-delà du discours habituel sur ce que l'on qualifie de pratiques ostensives. Il propose dès lors un outillage méthodologique pour tenter de caractériser les moments de collectif au tableau. Nous revenons dans cette section sur le parcours suivi dans cette étude et les résultats que nous avons capitalisés.

Les enseignements britanniques et leurs conséquences sur l'étude.

Le Royaume-Uni disposant d'une expertise plus ancienne dans le déploiement de la technologie TBI dans l'enseignement, notre premier travail a consisté en l'examen de la situation dans ce pays. L'étude du contexte britannique montre que l'arrivée des TBI coïncide avec une volonté politique forte d'impulser des pratiques pédagogiques nouvelles, recommandant un mode de travail essentiellement frontal, devant la classe, ponctué de périodes brèves de travail individuel. L'institution scolaire anglaise s'est engagée dans un déploiement massif de cette technologie afin de soutenir ce renouveau des pratiques enseignantes. Elle y a vu une occasion de promouvoir un usage collectif des TUIC au sein même de la classe, après des tentatives de promotion des technologies, dans des salles informatiques dédiées, restées infructueuses. L'examen de la littérature anglo-saxonne montre que les potentialités techniques des TBI outillent plus aisément des pratiques enseignantes monstratives. Dans le même temps, l'outil est décrit comme *flexible*, pouvant s'adapter à différents styles d'enseignement. Il constitue par ailleurs un levier d'intégration des technologies en classe.

Chez les enseignants anglais, les *adaptations spontanées* de l'outil sont décrites comme renforçant la position magistrale de l'enseignant. Des processus d'appropriation plus aboutis sont aussi rapportés. Ils s'étalent sur un temps long, exigent un investissement substantiel, et les stades les plus avancés de ces processus rendent compte d'un enseignant médiateur des échanges dans la classe et le TBI servant de support de ces médiations. Cependant, malgré une mise à disposition massive de cette technologie dans les classes anglaises, ces stades de développement avancés sont présentés comme difficile à atteindre. Une certaine résistance des enseignants à utiliser les TBI autrement que comme moyen de projection de manuels scolaires traditionnels est en particulier pointée. Des besoins de formation sont avancés. Les stratégies de formation les plus efficaces sont décrites comme celles ne se cantonnant pas à construire une expertise technique de l'outil. Un changement de posture des enseignants est souhaité institutionnellement : d'enseignants *instructeurs* à celle d'enseignants *médiateurs* des échanges dans la classe, garant d'un niveau soutenu des interactions en classe, et sachant aménager une part de responsabilité grande aux élèves dans des épisodes d'enseignement dialogués et médiés par l'outil TBI. La prise en charge d'une réflexion élargie sur les pratiques dans les formations est jugée nécessaire pour accompagner un tel changement. L'accompagnement dans la production de ressources adaptées à la mise en oeuvre de ces épisodes d'enseignement est également pointé comme un enjeu de formation. Ces ressources doivent être pensées pour permettre de structurer et d'animer un questionnement dans la classe.

Ce recentrage des formations autour d'une réflexion sur les pratiques fait écho à la question du lien entre *interactivité technique* et *interactivité pédagogique* posé dans les recherches anglo-saxonnes les plus récentes : des interactions soutenues entre professeur et élèves sont en effet observées par les chercheurs chez des enseignants ne faisant pas nécessairement un usage soutenu des fonctionnalités de l'outil.

Cette première étude permet de mettre à jour un contexte français de déploiement des TBI peu comparable. La littérature française sur le sujet apparaît, quant à elle, encore très parcellaire. Son examen montre qu'elle s'appuie parfois sans précaution sur quelques conclusions les plus optimistes extraites de rapports britanniques. C'est par exemple le cas des effets sur les apprentissages des élèves, cette question apparaissant encore résistante aux études anglo-saxonnes pourtant bien documentées.

Ces premiers constats nous ont conduit, d'une part, à examiner l'objet technologique, ses spécificités et les besoins instrumentaux qu'un usage dépassant le simple monstatif pouvait convoquer, d'autre part, à investir plus finement le contexte institutionnel français.

Les potentialités du dispositif

Nous avons conduit l'étude du dispositif TBI en deux temps. Dans un premier temps, l'examen des fonctionnalités offertes par l'outil et des périphériques susceptibles de venir l'enrichir, a permis de disposer d'une vue d'ensemble de *l'écosystème numérique* offert par cette technologie. Dans un second temps, nous avons étudié les évolutions techniques de l'outil, en procédant à l'examen systématique de différentes versions d'un même logiciel. Nous avons ainsi pu dégager des tendances d'usage privilégié de l'outil.

L'étude des fonctionnalités du dispositif montre un objet technologique doté d'un logiciel d'abord générique, tourné essentiellement vers la présentation de contenu et sa manipulation à l'écran. La possibilité de mémorisation constitue une fonctionnalité spécifique par rapport à d'autres technologies et ouvre des perspectives quant aux possibilités de retour sur un contenu traité. Le logiciel propose différents environnements de travail. En particulier, la possibilité de contrôler du tableau tout logiciel disciplinaire et de l'annoter est une première réponse à l'adaptation aux besoins spécifiques d'une discipline. Cette adaptation exige cependant l'usage conjoint des logiciels disciplinaires et du logiciel du tableau. Elle convoque à ce titre une expertise instrumentale plus que rudimentaire.

Le logiciel du tableau met également à disposition un environnement spécifique de création de ressources. Afin d'apprécier la performance de cet environnement de création, nous avons fait le choix, dans notre travail, de procéder à la réalisation effective d'une ressource. Notre choix s'est porté sur la réalisation d'un tangram, réalisation apparaissant *a priori* bien outillée par les fonctionnalités de manipulation offertes par les TBI¹. L'analyse des besoins instrumentaux convoqués dans la réalisation de cette ressource montre un environnement de conception offert par les TBI peu performant, nécessitant une connaissance relativement fine des possibilités du logiciel, et une externalisation partielle de la conception (utilisation de logiciels tiers dans le processus de conception). Cette étude révèle ainsi une complexité non soupçonnée dans l'activité de conception de ressources et un phénomène *d'apparente simplicité* du travail de conception. Ce travail de conception apparaît ainsi, au sein de l'en-

1. Le choix du tangram s'explique également par le fait que ce type de ressource trouve aujourd'hui un terrain favorable dans l'enseignement de certains thèmes d'étude et est présent, à ce titre, dans plusieurs bases de données de scénarios intégrant le TBI

vironnement TBI, susceptible d'être contrainte par le temps d'investissement, les limitations techniques de l'outil et par la connaissances des ressources tierces.

L'examen des évolutions technologiques du dispositif, quant à lui, montre une politique de mise à jour enrichissant périodiquement les fonctionnalités du tableau. Dans le même temps, une refonte de l'interface du logiciel et une ergonomie repensée permettent de rendre plus directement et aisément accessibles à l'utilisateur des fonctionnalités se recentrant sur l'annotation et la manipulation du contenu du tableau. On note ainsi des choix, côté concepteur, qui tendent à faciliter la prise en main première du tableau. Dans le même temps, ces choix alimentent d'une part, une proximité d'usage avec le tableau noir, et d'autre part, participent à masquer une certaine complexité d'utilisation plus sophistiquée de l'outil. On note enfin une implémentation de fonctionnalités nouvelles et d'extensions matérielles, participant d'une tendance technologique : d'une part, une volonté d'améliorer l'intégration de ressources tierces s'inscrit en tant que réponse à l'apparition de nouveaux médias dans la sphère scolaire (livres numériques, animation Flash, etc...), d'autre part, de nouveaux périphériques (tablettes numériques, boîtiers de vote, etc...) viennent compléter les possibilités du TBI en terme de création et de gestion collective de la classe.

Le soutien institutionnel

L'étude du contexte institutionnel de soutien au déploiement de la technologie TBI a été conduite à partir de l'examen des instructions officielles et plus largement des ressources mises à disposition par l'institution pour accompagner les usages. Cette étude, complétée par des entretiens avec des représentants de l'institution, a montré une lecture délicate par les enseignants du système d'attentes institutionnelles.

Les recommandations institutionnelles restent quasiment muettes sur la manière de penser l'intégration du TBI dans les pratiques. Les seules utilisations des TUIC préconisées par l'institution sont pensées dans l'environnement de la salle informatique et ne répondent pas aux mêmes contraintes. En l'absence d'une véritable ligne de conduite institutionnelle, nous montrons, à partir de l'étude des entretiens avec les représentants institutionnels, que la déclinaison académique des attentes sur l'outil laisse apparaître des disparités fortes. Ce flottement se décline jusque dans les actions de formations au contenu très inégal. Elles apparaissent, pour certaines, très peu sensibilisées aux écueils pointés dans les recherches outre-Manche.

Concernant le levier des ressources mises à disposition, des canaux de diffusion des pratiques de l'outil semblent s'installer dans le paysage Internet. L'offre pilotée par l'institution reste, quant à elle, limitée. L'examen de ses modifications récentes montre que l'accès aux ressources spécifiquement dédiées à l'outil TBI est rendue difficile. Une visibilité réduite des usages de l'outil est ainsi proposée au profit de ressources mettant en scène des logiciels institutionnels (LGD, tableur) et dans lesquelles l'usage du TBI n'est que très faiblement explicité.

L'étude du contexte spécifique français laisse donc apparaître une réflexion institutionnelle sur le sujet peu avancée. Si des attentes institutionnelles impliquant une modification sensible des pratiques sont formulées, elles sont *a minima* celles de ne pas voir s'installer des pratiques qualifiées d'ostensives. Ces attentes ne sont que faiblement éclairées par les exemples d'usage de l'outil proposés par l'institution. L'arrivée de nouvelles ressources (livres numériques, etc...) sur le marché, susceptibles d'outiller aisément de telles pratiques ostensives, semble, par ailleurs, un problème sous-estimé.

Le TBI et la profession

Dans la perspective de préparer le suivi plus ciblé d'enseignants utilisateurs de l'outil, nous avons fait le choix de conduire en amont une enquête à grande échelle, regroupant plus de cinq cents répondants. Nous avons également fait le choix, dans cette enquête, de discriminer les usages *prévisionnels* des usages *effectifs*² des TBI. Nous avons pour cela distinguer *a priori* deux types de public cible, les utilisateurs de l'outil, des non utilisateurs connaissant par ailleurs l'outil. Deux questionnaires distincts ont ainsi été élaborés et testés : l'un centré sur les représentations et les attentes des enseignants non utilisateurs relatives au TBI, l'autre centré sur la compréhension de la pratique particulière de cet outil. Les versions finales de ces questionnaires ont ensuite été diffusées par voie électronique sur une période de trois mois à l'ensemble des enseignants de trois académies et renseignées en ligne par les sondés. Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse statistique multivariée. Les résultats obtenus ont permis une première cartographie des usagers et des dynamiques d'intégration de l'outil dans les pratiques.

L'examen de la population utilisatrice des TBI met en évidence que la grande majorité des enseignants jugent plutôt favorablement les TBI. Cette satisfaction apparaît clairement augmenter avec l'ancienneté d'utilisation de l'outil. Ce phénomène révèle un temps relativement long d'appropriation de l'outil. Il pointe également l'existence de besoins instrumentaux dans la construction des usages. Les formations suivies n'apparaissent par ailleurs que faiblement prendre en charge ces besoins.

Les données relatives à la population utilisatrice ont fait l'objet d'un traitement statistique par classification hiérarchique. Il nous a semblé nécessaire de distinguer, au sein de cette population, différentes catégories d'utilisateurs. La disponibilité de l'outil dans la classe et la variété des domaines de savoir impliqués dans l'usage de l'outil sont apparus comme des marqueurs forts de distinction des catégories. Trois premières catégories ont été ainsi identifiées :

- une première catégorie (20% de l'échantillon) regroupe des enseignants ayant pleinement intégrés l'outil dans leurs pratiques. L'usage de l'outil est étendu à tous les moments d'enseignement et au service de l'apprentissage de tous les domaines de savoirs. La grande majorité des enseignants de cette catégorie jugent dorénavant difficile leur enseignement sans l'outil.

2. Plus exactement des usages déclarés avec les limites que cette distinction comporte

- deux autres catégories (35% pour la catégorie 2, 19% pour la catégorie 3) regroupent des enseignants faisant état de processus d'intégration moins aboutis malgré un temps long d'usage. Ces processus apparaissent inachevés dans la mesure où certains domaines de savoir et certains moments d'enseignement restent encore mal outillés par le TBI. Ces deux catégories d'utilisateurs ont en commun le fait de faire une place de choix aux domaines de savoir classiquement et institutionnellement outillés par les technologies³. Les moments d'enseignement liés à l'introduction d'un nouveau savoir trouvent également plus volontiers un écho favorable dans l'usage du TBI. Des différences existent cependant. Pour la catégorie 2 (35%) les autres moments et domaines de l'étude ne sont pas disqualifiés. Les enseignants de cette catégorie envisagent la construction d'usages dans cette direction. En revanche, pour la catégorie 3 (19%), l'usage de l'outil dans certains domaines de savoir liés en particulier aux nombres et aux grandeurs apparaît définitivement disqualifié.

Dans son habitat privilégié qu'est la salle de classe, et dans une niche écologique qui ne recouvre parfois que partiellement l'ensemble des pratiques de l'enseignant, l'outil TBI apparaît *in fine* avoir rencontré suffisamment les attentes de ces trois premières catégories d'utilisateurs. Son usage résiste à l'épreuve d'un investissement personnel important, à la fois dans la maîtrise de l'outil ainsi que dans le travail de préparation que ces enseignants déclarent par ailleurs consentir.

Dans ce paysage d'utilisateurs de l'outil, deux autres catégories apparaissent :

- une quatrième catégorie (18% de l'échantillon) est constituée majoritairement d'enseignants ne disposant pas de l'outil dans leur classe. L'usage de l'outil est rare et nouveau, dans des établissements scolaires faiblement dotés.
- la cinquième et dernière catégorie (8% de l'échantillon) est la moins répandue. Les enseignants de cette catégorie disposent tous d'un TBI dans leur classe. Cependant, la place qu'ils accordent à l'outil apparaît plus instable : d'une part, l'usage de l'outil est peu fréquent malgré la disponibilité du TBI dans la classe, d'autre part, l'enseignement du domaine géométrique avec l'outil est disqualifié, alors que ce domaine a accompagné majoritairement la construction des premiers usages chez les enseignants des autres catégories.

L'examen de la population enseignante non utilisatrice a, quant à lui, révélé des enseignants globalement peu opposés à l'usage de la technologie TBI. L'étude de cette population a montré des enseignants plutôt nuancés dans leurs propos, en attente de propositions d'usage pertinentes au regard de leurs pratiques. Elle a montré également des enseignants globalement attachés à la coexistence du TBI et du tableau noir dans la classe. Nous avons distingués trois premières catégories :

- la première catégorie est constituée d'enseignants non utilisateurs des technologies. Ils affichent un enthousiasme certain quant à l'arrivée des TBI, regardés comme une possibilité offerte de changement dans leurs pratiques. Cet enthousiasme semble profiter d'une faible anticipation des besoins instrumentaux liés à l'usage des technologies dans l'enseignement.

3. Géométrie, gestion de données

- deux autres catégories regroupent des enseignants dont l'enthousiasme ne fait pas non plus défaut. Ces enseignants partagent une vision du TBI comme un outil pouvant s'intégrer facilement dans leurs pratiques, sans nécessairement devoir les modifier. Cependant, pour les uns, le TBI est vu comme un outil complémentaire dans la classe. Si le TBI peut venir enrichir utilement les usages du tableau noir, il ne le remplace pas. Pour les autres, en revanche, le TBI est un potentiel remplaçant du tableau noir.

Ces premières catégories ont en commun un discours qui rend parfois difficilement lisible les avantages réellement entrevus de l'outil. Deux autres catégories apparaissent également :

- la troisième catégorie est principalement constituée d'enseignants qui se sont d'ores et déjà organisés une pratique outillée par le vidéo-projecteur. Les enseignants de cette catégorie jugent l'intrusion du TBI dans leurs pratiques plus délicate. Ils sont en attente de garanties sur les plus-values des TBI. Les formations qu'ils ont par ailleurs suivies ne semblent pas clairement les convaincre. L'appétence des enseignants pour les TUIC n'apparaît ainsi pas nécessairement faire écho avec celle pour le TBI. L'expertise acquise dans l'usage des autres technologies semble plus servir la mise en doute des nouvelles fonctionnalités offertes par le TBI.

- la dernière catégorie regroupe quant à elle des enseignants clairement hostiles à l'arrivée des TBI. Cette hostilité ne se limite cependant pas au TBI, mais concerne plus largement les technologies dans l'enseignement.

De manière plus générale, la rencontre entre la population utilisatrice de l'outil et celle constituée de potentiels futurs usagers met à jour des premières tendances dans le processus d'intégration de la technologie TBI. Si les enseignants n'apparaissent pas opposés à l'entrée du TBI dans les classes, les attentes qu'ils formulent sont diverses. Des besoins de formation sont formulés par les enseignants. Ces derniers sont en attente de formations permettant d'éclairer les usages possibles de cette technologie dans la classe. Cependant, la réponse institutionnelle semble pour l'heure plus volontiers anticiper des besoins techniques. C'est une certaine complexité de l'outil non entrevue *a priori* par l'institution qui apparaît. Les formés semblent ainsi mal outillés et peu sensibilisés aux besoins instrumentaux liés à une exploitation de l'outil en classe. La construction des usages relève principalement de la seule responsabilité des enseignants. Des processus d'intégration diverses, parfois non aboutis voire avortés s'expriment. La question est dès lors celle de l'étude précise des dynamiques qui régissent la construction des usages. L'objet de la suite de l'étude est ainsi l'examen de la façon dont les usagers s'y prennent pour répondre aux besoins instrumentaux liés à une intégration du TBI plus que marginale dans leurs pratiques.

Les trajectoires d'usage et le développement professionnel des enseignants

Nous avons fait le choix d'organiser un suivi plus ciblé d'enseignants en deux temps : d'abord à partir d'entretiens, ensuite à partir d'observations dans les classes. Six enseignants

ont été choisis dans deux catégories⁴ d'usagers de l'étude précédente. Ces deux catégories retenues sont *a priori* contrastées du point de vue des usages. Nous faisons état dans ce paragraphe des résultats obtenus à partir de l'étude des entretiens menés avec ces six enseignants.

Nous avons distingué trois dimensions⁵ pour l'étude des entretiens : une dimension instrumentale, une dimension orchestrative et une dimension personnelle. Nous montrons, dans cette première étude, l'existence de régularités fortes au niveau des usages stabilisés (particulièrement visibles à l'intérieur de chacune des catégories). Nous montrons également l'existence de régularités en terme de genèse d'usage qui transcendent les catégories d'usagers. Des spécificités en lien avec la dimension personnelle des interviewés sont aussi mises à jour.

Concernant la dimension instrumentale des usages, des points d'ancrage communs dans un parcours instrumental structuré apparaissent. Nous avons ainsi repéré et qualifié quatre phases dans ce parcours instrumental : une phase *migratoire*, une phase *exploratoire*, une phase *stabilisatrice* et une dernière phase qualifiée de *prospective*. Nous avons ainsi pu identifié clairement dans ce processus les deux catégories d'usagers suivies.

En particulier, un premier point d'entrée commun dans ce parcours correspond à la migration vers le TBI d'instruments anciennement installés dans la pratique des enseignants (documents informatiques, LGD, tableur, etc...). L'outil apparaît alors avant tout comme espace de vidéoprojection. Il accueille des matériaux proches de ceux utilisés avant son entrée dans la classe (phase *migratoire*). La poursuite de ce parcours nécessite de régler différents problèmes instrumentaux liés à l'introduction de ces matériaux au sein de l'environnement TBI. Cette poursuite nécessite également la découverte de fonctionnalités nouvelles de l'outil dépassant celles directement accessibles à une première instrumentation (phase *exploratoire*). La construction d'une réelle expertise sur un choix recentré de fonctionnalités de l'outil et l'intégration de ressources nouvelles au sein du tableau correspondent à des stades plus avancés du parcours instrumental (phase *stabilisatrice* et phase *prospective*).

La dimension orchestrative des usages, apparaît quant à elle, dépendante de la dimension instrumentale. Cette dépendance est particulièrement visible au niveau de la conception des ressources en direction de l'outil.

Dans la phase migratoire, la *migration de lieu* des ressources (LGD migrant de la salle informatique à l'écran du TBI, documentation des élèves se dupliquant dans ce nouvel espace de travail) sert une meilleure exploration collective de l'étude. Le TBI, dans ce premier temps d'usage, est avant tout mis au service de l'étude des moments d'introduction et de correction d'un travail. La dimension personnelle des usagers n'apparaît que faiblement peser dans ce premier mouvement.

Durant les phases suivantes (exploratoire, stabilisatrice), un élargissement des moments de

4. Trois enseignants appartiennent à la première catégorie d'usagers, les trois autres appartiennent à la quatrième catégorie

5. Nous revenons sur ces choix méthodologiques dans la troisième partie de cette conclusion

l'étude et une amélioration de leur gestion collective s'opèrent. Le paysage orchestratif des usages s'étoffe. Ce paysage est alors plus sujet au poids de la dimension personnelle des enseignants. Il apparaît également plus sensible à l'institution à laquelle les enseignants appartiennent.

La phase prospective correspond à des besoins d'intégration de ressources nouvelles (vidéo détaillant les étapes d'un algorithme de calcul posé en vue de son étude, animation simulant une construction géométrique instrumentée, etc...). Elle correspond également à des besoins de ressources repensées et restructurées pour viser une meilleure intégration au sein de l'environnement du tableau : la numérisation de travaux des élèves au tableau permet par exemple de débattre collectivement de la portée d'une technique mathématique, la réplique du milieu matériel à disposition des élèves⁶ permet d'organiser collectivement le débat autour des actions réalisés sur ce milieu, l'usage conjoint d'un LGD et du logiciel du tableau⁷ permet de faire du tableau un espace d'écriture tout en disposant des fonctionnalités interactives du LGD pour explorer une situation géométrique. Ces ressources engagent des besoins instrumentaux nouveaux. Nous définissons en particulier dans notre travail le *cout instrumental*⁸ d'une ressource pour apprécier ces besoins instrumentaux.

De manière plus générale, nous montrons que si une première tendance vers un renforcement du collectif existe, d'autres tendances s'installent progressivement : une recherche d'inscription de l'outil dans un éventail plus large des moments de l'étude et des domaines de savoir, la construction et l'usage d'une même ressource pouvant servir différents moments de l'étude, une recherche d'optimisation de la gestion des moments de collectif au tableau, un aménagement de plans de travail individuels des élèves complétant les moments de collectif au tableau.

Les modes d'exploitations des schémas orchestratifs décrits par les enseignants suivis semblent montrer que, dans ce collectif augmenté, des variantes existent et ne s'accompagnent pas nécessairement d'un appauvrissement du collectif en terme d'enseignement et d'apprentissage. Autrement dit les tendances qui s'installent progressivement dans les pratiques n'embarquent pas nécessairement une moins value didactique. La qualification d'ostensive de ces pratiques apparaît prématurée et à raffiner : l'existence de micro-contrat de participation dans un cours dialogué, un travail joint au sens de l'action conjointe laissant toute sa place aux élèves dans une action conjointe enseignant-élèves sont également à l'oeuvre comme le montre la seconde partie du suivi, basée sur des observations de classe. Nous détaillons les résultats obtenus au cours de cette seconde partie du suivi dans la section suivante.

6. Plus spécifique de l'institution primaire

7. Plus spécifique de l'institution secondaire

8. Le coût instrumental est la somme du coût lié à la conception de ces ressources (correspondant à un temps nouveau et nécessaire dans le travail de préparation de l'enseignant, en particulier dès lors que la ressource TBI construite diffère des ressources élaborées pour la classe) et du coût de manipulation de ces mêmes ressources devant la classe (maîtrise et facilité d'accès des fonctionnalités de l'outil TBI impliquées dans l'usage des ressources)

La conception et l'orchestration des séances

La seconde partie du suivi des enseignants a permis d'organiser la confrontation des résultats capitalisés jusqu'alors relevant en partie du déclaratif avec le jeu effectif et contraint de la classe. Cette seconde étude a permis de poursuivre le dessin d'une frontière relativement nette entre usagers expérimentés et occasionnels de l'outil.

Nous avons organisé la confrontation avec le déclaratif en deux moments distincts : d'une part, l'étude de l'activité de conception des ressources menée par les enseignants nous a permis d'investir le niveau de préparation du jeu, d'autre part, l'étude des séances de classe observées et de certains épisodes ciblés nous a permis d'investir la gestion orchestrative des jeux instrumentés dans la classe et plus largement la dynamique de ces jeux instrumentés au sein de la classe.

Concernant l'étude de l'activité de conception des ressources, nous montrons que les usagers expérimentés affichent une plus grande appropriation de l'environnement auteur du tableau. La conception des ressources s'appuie sur une gamme plus large de ressources internes du logiciel du tableau. Cependant, la conception de ressources plus élaborées laisse apparaître les limitations techniques de l'environnement auteur du tableau. Ce sont dès lors des logiciels tiers (LGD, tableur, logiciel de dessin, etc...) qui sont préférés. Plus appropriés aux besoins des enseignants de mathématiques, ces logiciels permettent de minimiser le *coût instrumental* des ressources produites. Par ailleurs, la place allouée à l'écrit dans ces ressources apparaît également mieux anticipée et mieux gérée chez les usagers expérimentés (anticipation de la place nécessaire aux recueils au tableau de différentes procédures possibles de résolution, etc...). De manière plus générale, nous montrons que les ressources conçues par ces usagers, et à travers elles, les situations mathématiques retenues, sont porteuses de jeux de cadres et les fonctionnalités de l'outil semblent plutôt repérées et investies en ce sens.

Nous montrons également, chez les usagers expérimentés qu'une complémentarité entre documentation à destination du TBI et documentation à destination des élèves est pensée dès la conception : la documentation à destination du TBI apparaît quasi-exclusive, regroupant l'ensemble des énoncés ventilés sur différentes pages. La documentation à destination des élèves est, quant à elle, réduite à un espace dédié aux recherches et réponses des élèves aux tâches prescrites. Ces choix de conception permettent à l'enseignant de maintenir un contrôle sur l'avancé des différents jeux institués dans la classe tout en forçant l'attention de la classe au tableau. Nous montrons plus globalement que cette dynamique des milieux TBI-élèves permet un partage de l'activité cognitive dans ces deux lieux. A ce titre, la documentation élève est par exemple pensée pour permettre la récupération de l'activité instrumentée liée à l'usage des logiciels au tableau.

Ces premiers éléments permettent de discriminer nettement les deux catégories d'usagers. En revanche, l'étude des situations mathématiques proposées par l'ensemble des enseignants suivis montre que ces situations ne présentent pas fondamentalement de caractère de nouveauté. En particulier, même lorsque l'usage de ressources logicielles est fortement envisagé,

c'est un jeu conçu qui entretient une proximité forte avec un scénario papier-crayon. Concernant l'étude des séances de classe, nous montrons que des intentions communes de ne pas limiter le TBI à son seul potentiel monstratif et à un renforcement du collectif existent⁹. Chez les usagers expérimentés, le TBI apparaît un espace partagé, siège d'une action conjointe enseignant-classe dans des épisodes dialogués, veillant à un partage de l'activité mathématique au tableau et ne réduisant pas la responsabilité des élèves. Nous montrons que les fonctionnalités du tableau restent cependant faiblement exploités avec une prédominance des fonctionnalités illustratives. Cet usage des fonctionnalités apparaît cependant suffisante pour soutenir un répertoire orchestratif étoffé et des orchestrations pertinentes et efficaces, en particulier dans les moments de présentation et de correction du travail, surreprésentés. Dans l'étude d'épisodes ciblés *in situ*, nous montrons en particulier comment la dynamique des milieux TBI-élèves participe à l'orchestration du jeu dans la classe et comment le TBI sert *in fine* la construction d'un milieu propre au service de la conduite du jeu. Nous montrons également comment est partagé l'usage d'un milieu TBI exclusif et technologiquement riche (LGD, tableur) dans des orchestrations collectives et quel traitement est fait de l'activité instrumentée spécifique de ces logiciels (feed-backs, etc...) dans ce collectif. De manière plus générale, nous montrons que les techniques instrumentées mises en place à la fois dans la conception et la gestion *in situ* du jeu concernent plus volontiers la chronogenèse et la topogenèse des jeux.

Chez les usagers occasionnels, ces techniques sont encore en construction. Des intentions du même ordre sont parfois visibles, elles rencontrent des problèmes d'opérationnalisation (besoins instrumentaux sous-estimés, etc...). Nous pointons par exemple une volonté marquée de laisser l'usage du tableau à l'élève, mais dans le même temps, une présence de l'enseignant au tableau aux côtés de l'élève forte. Une faible inscription du TBI dans le jeu (et une faible nécessité d'utilisation de l'outil pour soutenir le déroulement du jeu) s'observe. Les usagers occasionnels semblent avant tout projeter dans l'outil TBI des usages d'outils qu'ils connaissent mieux (LGD, etc...) mais dont l'intégration dans le jeu de la classe est encore à construire.

8.3 Cadrage théorique et méthodologique : potentialités et limites

Nous avons pensé l'organisation et la conduite de cette étude dans une articulation théorique à certains égards inédite. Nous revenons dans cette section sur les potentialités entrevues du construit théorique et méthodologique déployé et sur les limites qu'il comporte.

L'approche instrumentale constitue le cadre macro-didactique de l'étude. Articulant ins-

9. Un ratio intervention plénière-intervention locale de l'enseignant identique chez les deux catégories d'usagers est à ce titre exhibé

trument et activité, ce cadre exploite l'idée d'une conception partagée des artefacts entre concepteurs et utilisateurs. A partir de ce premier positionnement, l'étude des fonctions constitutives de l'éco-système TBI a pu être interprétée en termes d'indices de fonctions constituées par les utilisateurs. Ce positionnement a également permis de mettre en regard les fonctionnalités de l'outil avec les usages observés de l'outil¹⁰. L'outillage méthodologique déployé ici a consisté en l'étude de différentes versions d'un même logiciel, de la qualification et la quantification de ses fonctionnalités à la fois nouvelles et abandonnées dans les évolutions technologiques successives. Cet examen, conduit en distinguant les fonctionnalités directement accessibles de celles plus avancées, a permis de dégager des mouvements dans ces évolutions. De plus, la réalisation effective d'une ressource liée à l'enseignement des mathématiques au sein de l'environnement a permis d'apprécier plus finement les potentialités techniques des TBI pour cette discipline. L'examen des fonctionnalités utilisées au cours de cette réalisation a permis de préciser ce que révélait exactement en terme de besoins instrumentaux une activité de conception menée au sein de l'environnement TBI.

Si l'interprétation des évolutions technologiques de l'outil en termes d'indices de fonctions constituées par les utilisateurs est apparue relativement informative dans la poursuite de l'étude des usages effectifs de l'outil, cette posture reste cependant à relativiser. Les évolutions technologiques de l'outil répondent en effet à des besoins qui ne concernent que partiellement la communauté française des enseignants. Le logiciel étudié¹¹ est à ce titre identique à celui équipant par exemple le marché anglais des TBI. Ce sont donc des besoins plus larges qui motivent aussi les évolutions technologiques de l'outil TBI et c'est bien en terme d'indices (ce que nous avons fait) qu'il s'agit d'interpréter ces évolutions.

Nous avons accordé une acception large au concept de concepteur, à la fois technique, institutionnel. Nous avons également imaginé une figure professorale intégrée dans le cycle de conception de l'outil, avec ses deux facettes, *enseignant-utilisateur* et *enseignant-concepteur*. Cette facette d'*enseignant-concepteur*, devant fabriquer un artefact¹² (une ressource au sein de l'environnement de conception du TBI), lequel deviendra son propre instrument, est apparue relativement féconde pour interroger l'activité de conception des ressources (comment le professeur pensera cette conception ? de quelle marge de manœuvre disposera t-il ? comment la fera t-il à son image ? sera-t-elle un élément central ?). Ce sont plus largement les potentialités de l'outil, les contraintes et les marges de manœuvre qu'il offre que nous avons dès lors interrogés et mis en regard avec d'une part, les souhaits et soutiens institutionnels, et d'autre part avec les besoins spécifiques liés à une activité de conception au sein de l'outil. En l'absence de recommandations institutionnelles d'usages des TBI clairement formulées, la lecture du système d'attentes institutionnelles a exigé la construction d'un parcours méthodologique investissant trois niveaux d'investigation : la documentation institutionnelle,

10. En d'autres termes, l'étude de l'outil a permis d'ajouter une valeur explicative des usages constitués par les utilisateurs

11. C'est aussi le cas des autres logiciels TBI sur le marché

12. La chose n'est pas banale, il est en effet rare de fabriquer soi-même ses propres artefacts et ce sans probablement avoir eu de formation spécifique

les ressources institutionnelles mises à disposition des enseignants et des entretiens avec des représentants de l'institution. Le croisement de ces trois niveaux a ainsi permis d'apprécier la cohérence et la continuité du soutien institutionnel dans le déploiement de la technologie TBI.

Dans notre entreprise de caractérisation des usages de l'outil, nous avons souhaité organiser la rencontre entre le quantitatif et le qualitatif, avec une volonté de triangulation des données collectées et des méthodes de collecte. Ce point de vue nous a permis progressivement de consolider une première catégorisation des usagers, tout en laissant une place à l'examen de la diversité et à la complexité de l'activité du professeur dans la classe. La mise en place d'une étude quantitative à grande échelle a permis de dresser un premier paysage de profils d'usagers. A partir de deux de ces profils, choisis *a priori* distincts du point de vue des usages, nous avons organisé un suivi spécifique de représentants de ces deux profils. L'étude de ce suivi a permis alors de préciser ce que révélaient plus précisément ces profils et de dessiner plus distinctement leur frontière. Ce mouvement méthodologique générale nous est apparu relativement efficace dans la construction et l'étude de profils d'usagers. Il exige cependant la mise en oeuvre d'une étude quantitative et une certaine diversité dans les méthodes de collecte des données (questionnaires, entretiens, analyse de vidéos).

L'organisation du suivi des six enseignants de notre étude, croisant entretiens et analyse *in situ* des pratiques, a en particulier exigé la construction et l'adaptation d'outils méthodologiques spécifiques.

La première partie de l'organisation du suivi, basée sur des entretiens, a donné lieu à la construction de grilles de lecture permettant de capturer ce qui relevait d'une dimension instrumentale et d'une dimension orchestrative des usages de l'outil dans ces entretiens. L'examen, à partir de ces deux dimensions, des usages constitués et de leur construction dans le temps, a permis alors d'exhiber une trajectoire instrumentale et orchestrative des usages. En ce qui concerne en particulier la dimension orchestrative, nous avons proposé de raffiner ce qui relevait de la gestion collective au tableau en nous appuyant sur le modèle d'orchestration de Drijvers. Nous avons repris certains éléments proposés par Drijvers pour caractériser les schémas orchestratifs (les configurations didactiques - les modes d'exploitation des configurations). Les spécificités de l'objet étudié¹³ nous ont conduit à proposer l'ajout de deux ingrédients orchestratifs supplémentaires (les familles de ressources - les moments de l'étude) dans la caractérisation des schémas orchestratifs médiés par la technologie TBI.

La seconde partie de l'organisation du suivi s'est poursuivie avec l'étude *in situ* des pratiques. Les outils de la TACD mobilisés dans cette étude ont permis dans un premier temps d'investir l'activité de conception des enseignants. En faisant l'hypothèse d'une action conjointe au niveau de la *préparation du jeu*, c'est l'activité de conception des enseignants au sein de l'environnement TBI et des intentions didactiques dont elle est porteuse que nous avons dès

13. En particulier le fait que l'activité de conception des ressources revient à la charge de l'enseignant

lors examinée. En particulier, ce positionnement autorise l'étude de l'activité de conception à partir du triplet génétique (mésogenèse, chronogenèse, topogenèse) et l'examen, à partir des ressources construites par les enseignants, de comment sont pensés les enjeux de savoir, les tâches données aux élèves, les objets constitutifs du milieu ou bien encore le partage des responsabilités entre les différents acteurs.

Nous avons ainsi organisé l'analyse de l'activité de conception des enseignants en trois temps : un premier temps d'étude de la situation mathématique permettant l'examen des possibles jeux organisateurs, un second temps qui confronte ces possibles avec les choix faits par l'enseignant et les dynamiques de l'étude effectivement retenues, un dernier temps consacré à l'étude plus spécifique de l'activité de conception au sein de l'environnement du logiciel tu tableau.

Une grille d'analyse critériée et un choix de critères permettant d'interroger spécifiquement l'activité de conception conduite au sein de l'environnement TBI dans la perspective d'une gestion collective des moments de l'étude, ont été proposés. L'analyse a permis de discriminer clairement les choix de conception des enseignants et les techniques instrumentées utilisées. A partir du découpage de l'activité enseignante en terme de jeu (dévolution, régulation, etc...) proposé par la TACD, nous avons souhaité quantifier les orchestrations didactiques à l'échelle d'une séance et déterminer leur inscription et leur rôle dans la dynamique du jeu de la classe. Nous avons proposé à cet effet la construction de *vidéogrammes* de séances. L'étude de ces vidéogrammes s'est avérée particulièrement efficace dans la quantification des orchestrations et la discrimination des usages de l'outil dans l'organisation et le soutien des transactions didactiques à l'oeuvre dans la classe. Elle a permis dans une certaine mesure de quantifier une des composantes des orchestrations de Drijvers laissée jusqu'alors de côté : *la performance didactique*. Nous avons plus largement défini à cet effet l'*expertise didactique* comme composante des schémas orchestratifs et sa capture à deux niveaux interagissants : celui du maintien de la relation didactique et celui de la connaissance par l'utilisateur de l'environnement artefactuel (à travers l'usage qu'il fait *in situ* de ses fonctionnalités).

Ainsi, plus largement, le construit théorique et méthodologique déployé dans notre travail a permis d'interroger ce nouvel outil et ses spécificités dans différentes directions complémentaires. Il nous semble avoir permis de donner une certaine épaisseur aux résultats capitalisés sur les usages construits de l'outil. Par ailleurs, certains outils méthodologiques élaborés dans ce travail apparaissent également, nous semble-t-il, pouvoir être repris pour l'étude de technologies dans lesquelles le rôle de l'enseignant est premier.

8.4 Questions posées par l'étude et perspectives

De cette étude, il ressort enfin quelques interrogations quant à la poursuite du déploiement de la technologie TBI dans un contexte éducatif français qui, aujourd'hui encore, soutient le déploiement de cet outil dans les classes. Il ressort également, à l'issue de ce

travail, certaines perspectives de recherche Sans se risquer à de la prospective, ce qui en matière d'éducation et de technologie est une entreprise risquée, nous en soumettons ici quelques unes.

Dans notre travail, nous avons noté l'absence de configurations didactiques spécifiques, celles notamment intégrant l'usage conjoint du TBI et d'ordinateurs. Ce constat pointe plus globalement des interactions *salle informatique - TBI* faiblement pensées voire même une pratique du TBI en classe qui vient possiblement raréfier les séances en salle informatique, plus contraignantes.

Une autre absence remarquable est celle d'un déroulement plus séquentiel de l'étude, soutenu institutionnellement. Dans un tel déroulement, l'enseignant pourrait choisir le chemin qu'il désire en naviguant dans la ressource disponible au tableau, et procéder à différents allers-retours en réponse aux besoins de l'étude. Pour l'heure, nos observations ont montré un déroulement linéaire, dans la continuité des pratiques existantes. Ceci semble révéler une sous-estimation des besoins instrumentaux nécessaires à la mise en place de telles pratiques. Dans le même ordre d'idée, les fonctionnalités de mémorisation de l'outil, qui pourraient soutenir des retours sur l'étude, apparaissent largement sous-utilisées.

Les arguments institutionnels de motivation des élèves apparaissent peu convaincants. Ils écartent trop rapidement la question plus fondamentale des raisons qui pourraient permettre à l'élève de s'engager dans l'étude et la manière dont le TBI pourrait contribuer favorablement à cet engagement.

Dans l'institution primaire, nous avons montré que le TBI était vu potentiellement comme permettant de simuler le milieu matériel des élèves. Si cette possibilité permet d'offrir à la classe un milieu de travail commun, un risque d'appauvrissement du milieu matériel à disposition des élèves existe cependant. Dans le secondaire, cette potentialité de l'outil n'est pas décelée et pose la question de l'opportunité offerte par le TBI de faire émerger de telles pratiques et des besoins instrumentaux à prendre en compte en conséquence.

De manière plus générale, la question de la complémentarité entre l'espace de travail collectif de l'outil et l'espace de travail individuel de l'élève se pose dans les pratiques naissantes de l'outil TBI : la voie ouverte par l'outil d'une optimisation de la gestion des moments collectifs de classe doit composer avec une recherche d'équilibrage entre plans individuel et collectif de travail. Ceci risque d'accentuer des tendances déjà observées chez les jeunes enseignants d'un temps de collectif long. Dans les premiers niveaux de la scolarité, cet allongement possible du temps de collectif au détriment de l'aménagement de plans de travail individuels, dans des classes ne disposant pas de l'écrit pour garder trace des échanges issus de ce temps de collectif, est un risque à ne pas sous-estimer.

Au delà de ces quelques interrogations, notons *in fine* que ce qu'a donné à voir cette étude est d'abord un temps d'appropriation de l'outil TBI dans les pratiques relativement long, mais qui reste au regard de l'histoire du tableau noir encore très limité. Il ne s'agit donc pas ici de sur-exprimer d'éventuelles craintes quant aux usages naissants de l'outil. Si crainte il doit y avoir, c'est aussi du côté de la durée de vie de l'outil dans l'institution scolaire, le

temps d'appropriation de l'outil n'étant peut être pas compatible avec le temps du renouveau technologique dans les classes. Dans une perspective de déploiement massif de cette technologie que l'institution semble encore aujourd'hui poursuivre, un accompagnement des nouveaux utilisateurs de l'outil ne doit pas se réduire à un discours technique, ni même à un discours sur le potentiel de renouveau des ressources. L'accompagnement des nouveaux usagers de l'outil doit en revanche intégrer des variations plus fines dans les pratiques liées à l'outil, celles-là même en construction chez les usagers expérimentés suivis dans ce travail. A l'issue de ce travail exploratoire sur les pratiques enseignantes médiées par la technologie TBI, différentes perspectives de recherche semblent pouvoir s'ouvrir.

Dans ce travail, nous avons souligné que la spécificité de la technologie TBI obligeait, pour appréhender les usages, à aller au delà du discours habituel sur ce que l'on qualifiait de pratiques ostensives. Nous avons tenté d'une certaine façon de *dévoiler* une forme de complexité cachée derrière ce qualificatif d'ostensif en proposant un premier panorama de schémas orchestratifs susceptibles de caractériser les moments de collectif conduits au tableau. Dans cette entreprise, l'exhaustivité n'est évidemment pas atteinte. La poursuite de l'examen des pratiques en construction de l'outil permettra d'enrichir et de préciser ce premier panorama. Le regard porté sur l'activité de conception de l'enseignant au sein de l'environnement TBI a permis, dans cette étude, de marquer une distinction forte entre usagers occasionnels et usagers expérimentés de l'outil. Des techniques instrumentées spécifiques de conception de ces ressources sont apparues chez les enseignants expérimentés. Ces ressources ont permis de soutenir des orchestrations didactiques efficaces dans la conduite des jeux en classe, en particulier du point de vue de la chronogenèse et la topogenèse des jeux instanciés dans la classe. Dans le même temps, le vivier institutionnel de ressources est apparue clairement déficitaire. La nécessité dans la poursuite des travaux de penser la conception de ressources adaptées à la mise en scène d'orchestrations didactiques pertinentes, soutenant le triplet génétique chrono-topo-méso des jeux s'affirme. Si notre étude a permis la mise à jour de certains critères de conception des ressources à destination du TBI, des perspectives s'ouvrent autour de l'examen plus fin de ces critères, d'une part, en investissant plus systématiquement la valence mésogénétique des techniques instrumentées de conception, d'autre part, en poursuivant l'examen de la dialectique documentation *élèves-TBI*.

Enfin, cette étude a permis de souligner que le TBI était, dans l'institution secondaire, un espace d'accueil privilégié des logiciels institutionnels, notamment les logiciels de géométrie dynamique. Les LGD ont été originellement conçus pour vivre dans un environnement autre, celui d'un utilisateur devant un ordinateur, et offrent des potentialités d'interactions qui leur sont propres. La migration de lieux des LGD au sein de l'environnement du tableau ajoute ainsi, dans une certaine mesure, de la complexité dans la gestion des interactions offertes par le LGD avec celles permises par le tableau. Nous avons montré dans notre étude que cette migration de lieux pouvait être problématique. Nous avons également montré que cette migration posait la question de l'activité instrumentée résiduelle des élèves. Les perspectives qui s'ouvrent alors sont d'une part, celles des adaptations de scénarios intégrant les LGD

dans ce nouvel environnement TBI, d'autre part, celles de l'adaptation des LGD en termes de nouvelles fonctionnalités pour intégrer cette nouvelle place dans la classe. Dans le même ordre d'idée, des tendances, dans l'institution primaire, de voir le TBI accueillir le milieu matériel à destination des élèves se dessinent. Cette migration pose également la question de l'adaptation des scénarios et de la transposition informatique de ce milieu matériel.

Références

- Abboud-Blanchard, M., C. Cazes, and F. Vandebrouck (2007). Teachers' activity in exercises- based lessons. some case studies. In Pitta-Pantazi and Philippou (Eds.), *Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, pp. 1827–1836.
- Abboud-Blanchard, M. and J. Lagrange (2006). Uses of ict by pre-service teachers : towards a professional instrumentation ? *The International Journal for Technology in Mathematics Education* 13(4), 183–191.
- Alexander, R. (2000). *Culture and Pedagogy : International comparaisons in primary education*. Malden, MA : Blackwell Publishers.
- Alexander, R. (2008). *Towards dialogic teaching : rethinking classroom talk*. Thirsk, UK : Dialogos.
- Allen, J. (2004). Getting interactive. *Secondary Education* 29(6), 243–247.
- Artigue, M. (1997). Le logiciel derive comme révélateur de phénomènes didactiques liés à l'utilisation d'environnements informatiques pour l'apprentissage. *Educational Studies in Mathematics* 33(2), 133–169.
- Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a cas environnement : The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computer for Mathematics Learning* 7(3), 245–274.
- Artigue, M. (2006). L'utilisation de ressources en ligne pour l'enseignement des mathématiques au lycée : du suivi d'une expérimentation régionale à un objet de recherche. In *Actes de EMF*. Sherbrooke, Canada.
- Ball, B. (2003). Teaching and learning with an interactive whiteboard. *Micromaths* 19(1), 4–7.
- Barnes, D. (1976). *De la communication à curriculum*. Harmondsworth, Penguin Livres.
- Bayliss, T. and L. Collins (2007). *Invigorating teaching with interactive whiteboards : Case Studies*. Teaching Geography, Geography Association.
- Beauchamp, G. (2004). Teacher use of the interactive whiteboard in primary schools : towards an effective transition framework. *Technology, Pedagogy and Education* 13(3), 327–348.
- Becta (2003). *Secondary Schools - ICT and Standards : An analysis of national data from*

- Ofsted and QCA*. Coventry, UK : Becta.
- Becta (2004). *Getting the most from your interactive whiteboard : a guide for secondary schools*. Coventry, UK : Becta.
- Becta (2005). *How can the use of an interactive whiteboard enhance the nature of teaching and learning in secondary mathematics and modern foreign languages : ICT Research Bursaries*. Octobre 2005.
- Becta (2006). *The Becta review 2006 : Evidence on the progress of ICT in education*. Coventry, UK : Becta.
- Beeland, W. (2002). Student engagement, visual learning and technology : can interactive whiteboards help ? http://chiron.valdosta.edu/are/Artmanscript/vol11no1/beeland_am.pdf.
- Bell, M. (2001). Update to survey of use of interactive electronic whiteboard in instruction. www.shsu.edu/lis_mah/documents/updateboardindex.htm.
- Besa (2007). *Information and Communication Technology in UK State Schools*. Octobre 2007, 12p.
- Besa (2009). *Besa ICT in UK State Schools 2009 summary report*. septembre 2009, 6p.
- Boyle, J. (2002). Virtual magic. *Times Educationnal Supplement*.
- Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en didactique des mathématiques* 9, 309–336.
- Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. Grenoble, La pensée sauvage.
- Brown, S. (2004). *Interactive whiteboards in education*. *TechLearnBriefing*. UK : JISC Technologies Centre.
- Chanier, T. (2000). Hypermedia, interaction et apprentissage dans des systèmes d'information et de communication. In L. Duquette and L. Laurier (Eds.), *Apprendre une langue dans un environnement multimedia*, pp. 55–89.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage, Grenoble, deuxième édition augmentée.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques* 19(2), 73–112.
- Chevallard, Y. (2007). Un concept en émergence : la dialectique des medias et des milieux. In G. Gueudet and Y. Matheron (Eds.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*, pp. 344–366.
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris : PUF.
- Consulting, F. (2010). *Interactive displays/ICT products market quarterly insight state of the market report : Quarter 4*. Unpublished market research, Dunstable, UK.
- Contamines, J. and R. Hotte (2007). Communautés de pratique : auteurs et utilisateurs des banques de ressources éducatives. In M. Baron, D. Guin, and L. Trouche (Eds.), *Actes du Symposium Réseau Education et Formation. Environnements Informatisés pour l'éducation et la formation scientifique et technique : modèles, dispositif et pratiques*.

- Coulson, A. (2006). *The Cato Education Market Index*. Policy Analysis.
- Cuckle, P. and S. Clarke (2003). Secondary school teacher mentors and student teachers views on the value of information and communications technology in teaching. *Technology, Pedagogy and Education* 12(3), 377–391.
- Cuthell, J. (2003). Interactive whiteboards : new tools, new pedagogies, new learning? www.virtuallerning.org.uk/2003research/whiteboards_survey.doc.
- Cuthell, J. (2004). Can technology tranform teaching and learning ? the impact of interactive whiteboards. In J. Price, D. Willis, N. Davis, and J. Willis (Eds.), *Proceedings of SITE 2004*.
- Cuthell, J. (2005a). The impact of interactive whiteboards on teaching, learning and attainment. In J. Price, D. Willis, N. Davis, and J. Willis (Eds.), *Proceedings of SITE 2005*, pp. 1353–1355.
- Cuthell, J. (2005b). Seeing the meaning. the impact of interactive whiteboards on teaching and learning. In *Proceedings of WCCE 05*.
- DfEE (1999). *The National Numeracy Strategy : Framework for teaching mathematics*. Cambrige : CUP.
- DfEE (2001). *Key Stage 3 National Strategy : Framework for teaching mathematics*. London : DfEE.
- DfEE (2004). *Information and communications technology in schools in England*. First Release.
- Dillenbourg, P. and D. Traum (2006). Sharing solutions : persistence and grounding in multimodal collaborative problem solving. *Journal of the Learning Sciences* 15(1), 121–151.
- Douady, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques* 7(2).
- Drijvers, P., M. Doorman, P. Boon, H. Reed, and K. Gravemeijer (2010). The teacher and the tool : instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics* 75(2), 213–234.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et des sciences cognitives* 5, 37–65.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine : registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berne : Peter Lang.
- Edwards, J., M. Hartnell, and R. Martin (2002). Interactive whiteboards : some lessons from the classroom. *Micromaths* 18, 30–33.
- Ekhani, L. (2002). The power of interactive whiteboards. *School Library Media Activities Monthly* 18(8), 35–38.
- Engestrom, Y. (1991). Developpemental work research : reconstructing expertise through expansive learning. In M. Nurminen and G. Weir (Eds.), *Humans jobs and computer interfaces*.

- Ernest, P. (1998). The impact of beliefs on the teaching of mathematics. In A. Bloomfield and T. Harries (Eds.), *Teaching and Learning Mathematics*, pp. 62–67.
- Folcher, V. (2003). Appropriating artifacts as instruments : when design-for-use meets design-in-use. *Interacting With Computers 15*, 647–663.
- Fourgous, J.-M. (2010, février). Réussir l'école du numérique. Rapport de mission parlementaire.
- Fréal, V. (2009). Le tableau blanc interactif en mathématiques, un outil qui facilite l'apprentissage ? situations pédagogiques d'apprentissage en cycle 3. *Repères IREM (74)*, 23–39.
- Glover, D. and M. Coleman (2005). School climate, culture and ethos : interchangeable or distinctive concepts? *Journal of In-service Education 31(2)*, 251–272.
- Glover, D. and D. Miller (2002). The introduction of interactive whiteboards into schools in the united kingdom : Leaders, led, and the management of pedagogic and technological change. *International Electronic Journal for Leadership in Learning 6(24)*.
- Glover, D. and D. Miller (2003). Players in the management of change : introducing interactive whiteboards into schools. *Management in Education 17(1)*, 20–23.
- Glover, D. and D. Miller (2005). Leadership implications of using interactive whiteboards : linking technology and pedagogy in the management of change. *Management in Education 18(5)*, 27–30.
- Glover, D., D. Miller, D. Averis, and V. Door (2005). The interactive whiteboard : a literature survey. *Technology, Pedagogy and Education 14(2)*, 155.
- Glover, D. and J. Miller (2001). Running with technology : the pedagogic impact of the large scale introduction of interactive whiteboards in one secondary school. *Journal of Information Technology for Teacher Education 10*, 257–276.
- Goldin-Meadow, S. and S. Beilock (2010). Action's influence on thought : the case of gesture. *Perspectives on Psychological Science 5*, 664–674.
- Goldin-Meadow, S. and J. Iverson (1998). Why people gesture when they speak. *Nature 396(228)*.
- Greenfield, S. (2006). How will we nurture minds of the future? *Times Educationnal Supplement*.
- Greiffenhagen, C. (2000). *Interactive whiteboards in mathematics education : possibilities and danger*. Article présenté à WGA 11 (ICME-9) : 2. The use of Technology in Mathematics Education.
- Greiffenhagen, C. (2002). Out of the office into the school : Electronic whiteboards for education. <ftp://ftp.comlab.ox.ac.uk/pub/Documents/techreports/TR-16-00.pdf>.
- Gueudet, G. and L. Trouche (2008). Vers de nouveaux systèmes documentaires des professeurs de mathématiques. In I. Bloch, F. Conne, F. Chellougui, G. Geudet, M. Hersant, and E. Roditi (Eds.), *Actes de la XIV école d'été de didactiques des mathématiques*.

- Gueudet, G. and L. Trouche (2010). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In G. Geudet and L. Trouche (Eds.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs, le cas des mathématiques*, pp. 57–74.
- Guin, D. and L. Trouche (2002). *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. La pensée sauvage.
- Hall, I. and S. Higgins (2005). Primary school students perceptions of interactive whiteboards. *Journal of Computer Assisted Learning* 21(2), 102–117.
- Haspekian, M. (2005). *Intégration d'outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques étude du cas des tableurs*. Ph. D. thesis, Université Paris-Diderot.
- Haspekian, M. (2008). Une genèse des pratiques enseignantes en environnement instrumenté. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*.
- Hennessy, S., R. Deaney, K. Ruthven, and M. Winterbottom (2007). Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard for foster learner participation in school science. *Learning, Media and Technology* 32(3), 283–301.
- Hesselbein, F. and M. Goldsmith (2009). *The organization of the future : Visions, strategies and insights into managing in a new era*. San Fransisco : Jossey-Bass.
- Higgins, S., C. Falzon, I. Hall, D. Moseley, F. Smith, H. Smith, and K. Wall (2005). *Embedding ICT In The Literacy And Numeracy Strategies : Final Report*. Newcastle, Newcastle University.
- Higgins, S., D. Miller, and G. Beauchamp (2007). Reviewing the litterature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology* 32(3), 213–225.
- Hoyles, C. (2003). From instrumenting and orchestrating convergence to designing and recognising diversity. In *Third CAME Symposium*.
- Jacquinet, G. (1997). *Nouveaux écrans du savoir ou nouveaux écrans au savoir ? Apprendre avec le multimédia - Où en est-on ?* Retz, Paris.
- Johnson, C. (2002). The writing's on the board, educationa. *Computing and Technology*, 58–59.
- Jones, S. and H. Tanner (2002). Teachers interpretations of effective whole-class interactive teaching in secondary mathematics classrooms. *Educational Studies* 28(3), 265–274.
- Julia, J. (2003). Interactivité, modes d'emploi. réflexions préliminaires à la notion de document interactif. *Documentaliste-Sciences de l'information* 40(3), 204–212.
- Kennewell, S. (2001). Interactive whiteboards - yet another solution looking for a problem to solve? *Information Technology in Teacher Education* 39, 3–6.
- Kennewell, S. (2004). Researching the influence of interactive presentation tools on teacher pedagogy. Paper presented at Bera.
- Kennewell, S. and G. Beauchamp (2003a). The influence of a technology-rich classroom environment on elementary teachers' pedagogy and childrens' learning. *Young Chil-*

- dren and Learning Technologies : Conferences in Research and Praticce in Information Technology 34*, 65–70.
- Kennewell, S. and G. Beauchamp (2003b). *Student teachers experiences and attitudes towards using interactive whiteboards in the teaching and learning of jounng children*. Paper presented to Young Children and Learning Technologies Conference. Australia.
- Kennewell, S. and G. Beauchamp (2007). The features of interactive whiteboards and their influence on learning. *Learning, Media and Technology 32*(3), 227–241.
- Kennewell, S., H. Tanner, S. Jones, and G. Beauchamp (2008). Analysing the use of interactive technology to implement interactive teaching. *Journal of Computer Assisted Learning 24*, 61–73.
- Kirshner, P. and M. Selinger (2003). Pedagogic benchmarks for information and communications technology in teacher education. *Technology, Pedagogy and Education 12*(1), 125–147.
- Kitchen, S., S. Finch, and R. Sinclair (2007). *Harnessing Technology schools survey*. Coventry : Becta, 124p.
- Lagrange, J. (1999). Techniques and concepts in pre-calculus using cas : A two year classroom experiment with the ti92. *International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education 6*, 143–165.
- Latham, P. (2002). *Teaching and learning primary mathematics : the impact of interactive whiteboards*. North Islington Education Action Zone : Beam research papers.
- Lebrun, M. (1999). *Des technologies pour enseigner et apprendre*. Paris, De Boeck.
- Lee, M. (2010). Interactive whiteboards and schooling : the context. *Technology, Pedagogy and Education 19*(2), 133–141.
- Lee, M. and M. Boyle (2003). *The Educational Effects and Implications of the Interactive Whiteboard Strategy of Richardson Primary School*. Richardson Primary School.
- Lee, M. and A. Winzenried (2006). Interactive whiteboards : achieving total teache usage. *Australian Educational Leader 28*(3), 22–25.
- Lee, M. and A. Winzenried (2009). *The use of instructional technology in schools*. Melbourne, Australia : ACER Press.
- Levy, P. (2002). *Interactive whiteboards in learning and teaching in two Sheffield schools : a developmental study*. Sheffield, Department of Information Studies, University of Sheffield.
- Mathematice (2007, Mars). Numéro spécial tableaux blancs interactifs. <http://revue.sesamath.net/spip.php?rubrique35>.
- Mercier, A. (2001). Des outils et techniques d'enseignement aux théories didactiques. In A. Rouchier, L. Gisèle, and A. Mercier (Eds.), *Le génie didactique - Usages et mésusages des théories de l'enseigneunte génie didactique*, Perspectives en éducation et formation, pp. 233–249. De Boeck Supérieur.

- Mercier, A., G. Sensevy, and M. Schubaueur-Leoni (2000). How social interactions within a class depend on the teacher's assessment of the various pupil's mathematical capabilities, a case study. *Zentralblatt fur Didartik der Mathematik, International review of Mathematics Education* 32(5), 126–130.
- Miller, D. (2003). Developping interactive whiteboard activity. *Micromath* 19(3), 33–35.
- Miller, D., D. Averis, V. Door, and D. Glover (2005). *How can the use of an interactive whiteboard enhance the nature of teaching and learning in secondary mathematics and modern foreign languages : ICT Research Bursaries*. Rapport proposé au Becta.
- Miller, D. and D. Glover (2007). Into the unknown : the professional development induction experience of secondary mathematics teachers using interactive whiteboard. *Learning, Media and Technology* 32(3), 319–331.
- Miller, D., D. Glover, and D. Averis (2004). Enhance mathematics teaching through new technology : The use of the interactive whiteboard. <http://www.keele.ac.uk/depts/ed/IWB/nuffield.htm>.
- Miller, D., D. Glover, and D. Averis (2005). Presentation and pedagogy : The effective use of interactive whiteboards in mathematics lessons. In D. Hewitt and A. Noyes (Eds.), *Proceedings of the sixth British congress of mathematics education*, pp. 105–112.
- Miller, D., D. Glover, and D. Averis (2008). Enabling enhanced mathematics teaching : Final report for the national center for excellence in the teaching of mathematics. www.keele.ac.uk/depts/ed/iaw/docs/ncetmreport/ncetmreport.pdf.
- Moseley, D., S. Higgins, and R. Bramald (1999). *Ways forward with ICT : effective pedagogy using information and communications technology in literacy and numeracy in primary schools*. Newcastle upon Tyne, Newcastle University.
- Moss, G., C. Jewitt, R. Levavic, V. Armstrong, A. Cardini, and F. Castle (2007). *The interactive whiteboards, pedagogy and pupil performance evaluation : an evaluation of the schools whiteboard expansion (SWE) project*. London Challenge. London, DfES Research paper 816.
- Mullis, D. and D. Reynolds (2001). *Effective teaching : evidence and pratice*. London, UK : DfEE.
- Murphy, J., N. Jain, S. Spooner, S. Hassan, J. Schnase, and E. Metcalfe (1995). Use of an electronic whiteboard to teach clinical cardiology decision analysis to medical students. *Journal of the American College of Cardiology* 25(2), 238A.
- Naisbitt, J. (1984). *Megatrends*. London : Futura.
- Ofsted (2004). Ict in schools : The impact of government initiatives five years on. www.ofsted.gov.uk/Ofsted-home/Publications-and-research/Browse-all-by/Education/Curriculum/Information-and-communication-technology/Primary/ICT-in-schools-2004-the-impact-of-government-initiatives-five-years-on.
- Perrenoud, P. (1995). *La pédagogie à l'école des différences*. Paris : ESF.

- Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement*. PUF.
- Polyzou, A. (2005). Growth in teachers knowledge while learning to teach with multimedia : what has been learned from concrete educational experiences? *Technology, Pedagogy and Education* 14(2), 205–223.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approches cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin, Paris.
- Rabardel, P. (1999). Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In *Actes de l'Université d'été de Didactique des Mathématiques*, pp. 203–213.
- Rabardel, P. (2001). Instrument mediated activity in situations. In A. Blandford and P. Vanderdonck (Eds.), *People and computers XV Interactins without frontiers*, pp. 17–30.
- Rabardel, P. and P. Pastré (2005). *Modèles du sujet pour la conception - Dialectiques activités développement*. Toulouse, Octarès.
- Rabardel, P. and R. Samurçay (2001). From artifact to instrument-mediated learning. In *International symposium organized by the Center for Activity Theory and Developmental Work Research*.
- Reedy, G. (2008). Powerpoint, interactive whiteboards, and the visual culture of technology in schools. *Technology, Pedagogy and Education* 17(2), 143–152.
- Robert, A. (2001). Recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant. *Recherches en didactique des mathématiques* 21(2).
- Robert, A. and J. Rogalski (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : un double approche. *Revue canadienne de l'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et des Technologies* 2(4), 505–528.
- Robert, A. and F. Vandebrouck (2003). Des utilisations du tableau par les professeurs de mathématiques en seconde. *Recherches en didactique des mathématiques* 23(3), 389–424.
- Roythorne, P. (2006). Abc or ict. *Times Educationnal Supplement*.
- Rudd, T. (2007). Intercative whiteboards in the classroom. www.futurelab.org.uk/events/listing/whiteboards/report.
- SDTICE (2008). Expertise relative aux usages du tableau blanc interactif en école primaire. ftp://trf.education.gouv.fr/pub/.../primaire/tbi/Etude_tbi_240206.pdf.
- Selwood, I. and R. Pilkington (2005). Teacher workload : using ict to release time to teach. *Educational Review* 57(2), 163–174.
- Sensevy, G. and A. Mercier (2007). *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.

- Shaw, M. (2006). Board fun fails to raise game. *Times Educationnal Supplement*.
- Smart (2004). The history of smart technologies inc. www.smarttech.com/compagny/aboutus/history.asp.
- Smith, F., F. Hardman, and S. Higgins (2006). The impact of interactive whiteboards on teacher-pupil interaction in the national literacy and numeracy strategies. *British Educational Research Journal* 32(3), 443–457.
- Smith, F., F. Hardman, K. Wall, and J. Miller (2005). Interactive whiteboards : Boon or band-wagon? a critical review of the litterature. *Journal of Computer Assisted Learning* 21, 91–101.
- Smith, F., F. Hardman, K. Wall, and M. Mroz (2004). Interactive whole class teaching in the national literacy and numeracy strategies. *British Educational Research Journal* 30, 395–411.
- Smith, H. (2001). Smartboard evaluation : Final report. www.kented.org.uk/ngfl/ict/IWB/whiteboards/report.html.
- Smith, H. and S. Higgins (2006). Opening classroom interaction : the importance of feedback. *Cambridge Journal of Education* 36(4), 485–502.
- Somekh, B., M. Haldane, K. Jones, C. Lewin, S. Steadman, and P. Scrimshaw (2007). *Evaluation of the primary schools whiteboard expansion project*. Center for ICT, Pedagogy and Learning Education and Social Research Institute, Manchester Metropolitan University.
- Stephens, C. (2000). Forget the sailboard - let's go white boarding! *Dental Update* 27(5), 236–240.
- Tameside, M. (2003). Interim report on practice using interactive whiteboards in tameside primary schools. www.tameside.gov.iu/schools_grid/ict/whiteboards.pdf.
- Tanner, H., S. Jones, S. Kennewell, and G. Beauchamp (2005). Interactive whole class teaching and interactive whiteboards. In P. Clarkson, A. Downton, D. Gronn, M. Horne, A. McDonough, R. Pierce, and A. Roche (Eds.), *Building connections : Research, theory and pratice, Proceedings of the 28th annual conférence of the Mathematics Education Research Group of Australia*, pp. 720–727.
- Tricot, A., F. Plégat-Soutjis, J. Camps, A. Amiel, G. Lutz, and A. Morcillo (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des eiah. In C. Desmoulin, P. Marquet, and D. Bouhineau (Eds.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, pp. 391–402.
- Trouche, L. (2003). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations*. Document pour l'Habilitation à Diriger les Recherches, Université Montpellier II.
- Trouche, L. (2005). An instrumental approach to mathematics learning in symbolic calculators environments. In D. Guin, K. Ruthven, and L. Trouche (Eds.), *The didactical*

challenge of symbolic calculators : Turning a computational device into a mathematical instrument, pp. 137–168.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

Vygotsky, L. (1986). *Tought and language*. Cambridge, MA : The MIT Press.

Walker, D. (2002). White enlightening. *Times Educationnal Supplement* 13(19).

Wall, K., S. Higgins, and H. Smith (2005). The visual helps me understand the complicated things : pupil views of teaching and learning with interactive whiteboards. *British Journal of Educational Technology* 36(5), 851–867.

Annexe A

Compatibilité des solutions logicielles des TBI

ANNEXE A. COMPATIBILITÉ DES SOLUTIONS LOGICIELLES DES TBI 391

Compatibilité avec	ActivStudio	ActivInspire	EBeam	InterWrite	Notebook
ActivStudio	★	★			
ActivInspire		★			
EBeam			★		
InterWrite				★	
Notebook		★			★

TEST RÉALISÉ AVEC LES VERSIONS LOGICIELLES DE 2009

Annexe B

Médiafiches



académie
Créteil

MEDIAFICHES

Accueil du site > Tableau numérique > Comment faire > Promethean

Accueil Lignes d'usages **Comment faire** Zoom sur... Prise en main

Tableau numérique

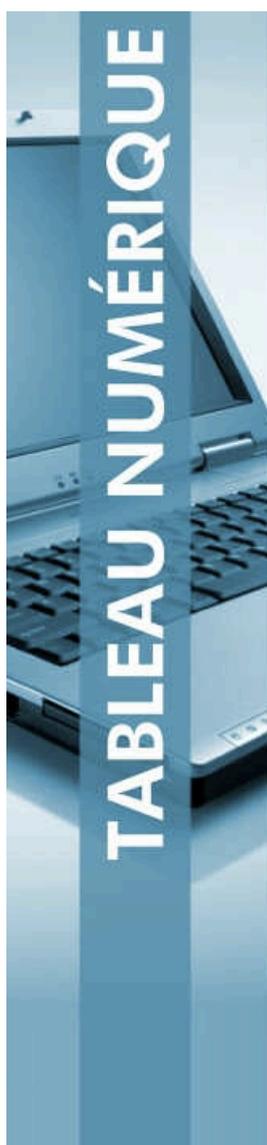
 PROMETHEAN
L'ÉCLAIRAGE DE L'APPRENTISSAGE

Comment faire

Pour découvrir et s'approprier une à une les fonctionnalités d'un logiciel, d'un dispositif technique...

- Afficher un corrigé
- Animer un schéma à la manière d'un diaporama
- Annoter une vidéo
- Calibrer son tableau
- Capturer l'écran
- Construire des ressources pour la Galerie
- Copier/Coller de texte
- Créer ses propres images
- Décomposer, recomposer un texte
- Dévoiler une page à l'aide du rideau ou du masque d'écran
- Exploiter et gérer sa bibliothèque de ressources
- Fabriquer un "révéléteur" de réponses

EXEMPLES DE FONCTIONNALITÉS DU LOGICIEL PRÉSENTÉES



Fabriquer un "révélateur" de réponses



Un texte, correspondant au corrigé d'un exercice, est affecté de la couleur du fond de page. Il devient alors invisible. Un cadre, de couleur différente, glissé en dessous du texte permet de « révéler » la bonne réponse.

Situation 1

La page du tableau affiche une question, un cadre destiné à recevoir la réponse écrite par l'élève qui passe au tableau, un cadre destiné à "révéler" la bonne réponse.

Situation 2

Le déplacement du "révélateur" (le rectangle bleu) sur le cadre rouge fait apparaître la bonne réponse.

PRÉSENTATION DE LA FABRICATION D'UN "RÉVÉLATEUR" DE RÉPONSES

Annexe C

Entretiens avec l'Inspection

ENTRETIEN CONDUIT AVEC PAUL

▷ **Existe-t-il un consensus au niveau institutionnel sur le déploiement des TBI ?**

► Il y a eu une certaine impulsion pour que ces outils apparaissent, notamment au niveau académique, par le CATICE, mais les utilisations ont été diverses et variées. Il n'y a pas d'attente particulière de l'institution en mathématique.

▷ **De votre point de vue d'inspecteur, avez-vous des attentes particulières, notamment lors des inspections que vous êtes amenées à faire ?**

► Je n'ai pas d'attente particulière, si ce n'est que l'évolution des programmes conduit à utiliser les TICE et moi, je n'ai pas vraiment d'attente sur le TNI proprement dit. En revanche, il me semble qu'à l'heure actuelle, l'outil indispensable est un appareil à vidéoprojecter relié à un ordinateur. C'est le choix qui a été fait par plusieurs établissements d'équiper de plus en plus de salles de vidéoprojecteurs au détriment de l'équipement en TNI qui était très coûteux à un certain moment même si aujourd'hui, c'est devenu très abordable.

▷ **Plus précisément, du côté par exemple des critères de notation des enseignants lors des inspections, comment évaluez-vous la pratique de cet outil ?**

► Disons qu'ils ne sont pas notés sur l'utilisation du TNI. Disons que si l'enseignant utilise à bon escient l'outil, c'est effectivement un plus...En fait, je vois en gros trois types de séances : dans le premier type, je vois un professeur qui a un TBI dans sa classe et qui ne l'utilise pas et pour différentes raisons : il n'est pas formé...il ne se sent pas formé, il n'a pas compris l'intérêt du matériel...etc. Le deuxième type est l'enseignant qui l'utilise, et j'en vois de plus en plus, où le matériel est utilisé uniquement comme vidéo-projecteur. En somme, le TBI est un écran. Dans ce cas, lors de l'entretien, on aborde les profits qu'il pourrait tirer d'une utilisation un peu plus riche du TBI. Et enfin, il y a quelques enseignants, et à vrai dire, ils ne sont que assez peu nombreux, qui l'utilisent, je dirai, de façon assez pointue, en intégrant des documents, en sauvegardant par exemple des tableaux avec des retours et des choses comme ça.

▷ **Avez-vous des exemples d'épisodes qui illustreraient ces trois types d'usages ?**

► A vrai dire, de mémoire, non.

▷ **Mais alors, quelles sont pour vous les usages du TBI qui dépasseraient la simple utilisation de l'outil comme vidéoprojecteur ?**

► C'est l'intégration de documents, c'est aussi la possibilité d'écrire sur le tableau par rapport à un vidéo-projecteur, d'y mettre des remarques, d'avoir un vrai tableau. Bon, on peut aussi projeter sur un tableau blanc sans qu'il soit interactif, effectivement, mais il n'y a pas la possibilité de sauvegarder. L'intérêt aussi, c'est peut être d'aller chercher...oui mais ça peut être se faire sans...avec le vidéo, c'est d'aller chercher des ressources, d'avoir présent dans un environnement un certain nombre de ressources auxquelles on peut faire appel rapidement, il me semble.

▷ **Avez-vous d'éventuelles inquiétudes sur le déploiement massif de cette technologie dans les classes ?**

► Non, je n'ai pas d'inquiétude, au contraire, c'est un outil qui permet d'enseigner les mathématiques de façon un peu plus attrayante. Je n'ai pas qu'inquiétude si ce n'est, ce que je vois aussi ne me semble pas toujours bien approprié, jamais d'ailleurs, c'est le prof, parfois, qui projette un diaporama dans lequel il y son cours, où les élèves recopient le contenu du tableau, et ça, je dirai, c'est pas lié au tableau numérique. Le tableau numérique, c'est, je crois, un outil qui peut apporter beaucoup à l'enseignement et le rendre plus dynamique.

▷ **Ce que vous dites, c'est que les pratiques d'enseignants vidéoprojetant leurs cours, ce sont des pratiques qui préexistent selon vous à l'entrée des TBI ?**

► oui, bien-sûr.

► Je ne vois pas dans l'utilisation de cet outil d'inquiétude majeure et je ne vois pas trop ce qui pourrait être inquiétant dans l'utilisation, si ce n'est qu'il ne faut pas que l'on se contente de projeter et que l'élève ne soit pas acteur, mais je n'ai pas vu de dérapage de ce type. D'abord, rares sont les enseignants qui l'utilisent tout au long d'une séance, souvent c'est ponctuellement et ils ont un autre tableau qu'ils utilisent aussi. Après ceux qui l'utilisent systématiquement, ce sont des professionnels qui ont réfléchi au sujet, la plupart du temps. Non, je n'ai pas d'inquiétude particulière.

▷ **Existe-il selon vous des besoins d'accompagner les usages de l'outil et dans l'affirmatif, quels sont ces besoins ?** ► Alors, besoin d'accompagner les usages, oui, mais de moins en moins parce que ça paraît plus naturel. On a tenté de faire ça, le CATICE ayant une politique visant à développer ce type d'outils, on a accompagné...il y avait des demandes de formation à l'utilisation mais à l'utilisation pédagogique : qu'est ce que l'on peut faire, qu'est-ce que ça apporte ? A l'heure actuelle, je ne dirai pas qu'il n'y a pas de besoins, il y a toujours des besoins, malheureusement, les moyens de formation continue étant ce qu'ils sont, je reconnais qu'en mathématique, depuis deux ans, on a pas du en accompagner beaucoup. Les nouveaux utilisateurs s'auto-forment, il y a une petite formation disons pratique, mais la réflexion pédagogique, ils n'ont pas de formation, du moins dans notre académie.

▷ **Et du coup, quels types d'accompagnement serait-il bon de mener selon vous ?**

► Ne serait-ce que des exemples d'usage de ce matériel, parce qu'au départ, ceux qui sont réticents à l'utiliser ne voient pas trop l'intérêt. Des usages à travers certaines activités, montrer en quoi il y a un plus dans l'utilisation de ce matériel...à travers des activités ou des scénarios de classe.

▷ **Il existe par ailleurs des bases institutionnelles, par exemple Educ'base...Est-ce une source vers laquelle vous renvoyez les enseignants ?**

► Educ'base, oui, ils peuvent aller puiser ce qu'ils leur semblent intéressant là dessus, mais enfin bon, ce n'est pas exclusif du TBI. On est toujours sur le vidéo-projecteur la ? dedans, le TNI n'est pas un plus ici. Mais est-ce que l'on renvoie les enseignants là dessus, oui, il y a un certain nombre de lien sur les sites académiques, je crois d'ailleurs que l'on avait mis des choses sur le TN sur notre site il y a quelques temps sur des exemples d'utilisation. Mais les enseignants vont aussi bien puiser dans educ'base que dans quelque chose, comment ça

s'appelle déjà, de Sésamath et tout ça. Disons que ce n'est pas la matière qui manque. C'est peut être la réflexion sur l'utilisation qui manque.

▷ **Enfin, dans la faune numérique à disposition des enseignants (vidéoprojecteurs, salle informatique, logiciels, etc...) comment positionnez-vous le TBI ?**

► Disons que le TBI a le mérite d'avoir tout préparé, d'être face aux élèves, d'avoir un véritable tableau interactif. Après, est-ce que c'est quelque chose que j'impulse pour l'équipement des établissements, pas du tout. Moi, ce que je souhaiterais c'est de voir toutes les salles de mathématique équipées d'un vidéo-projecteur relié à un ordinateur. Je pense que c'est tout à fait suffisant pour une utilisation...on est loin de ça à l'heure actuelle. En gros, dans un établissement, mises à part quelques établissements qui arrivent à avoir ce type de matériel et où les équipes sont peut être plus dynamiques, se sont battus pour l'avoir, dans la majorité des établissements, on peut avoir trois vidéos projecteurs pour cinq classes de mathématiques. Donc pour moi, la priorité, c'est quand même d'avoir un vidéoprojecteur. Vous parlez de LGD et tout ça, on est sur un autre niveau, parce que de toute façon, le vidéoprojecteur permet l'usage de ces logiciels. Le TBI permet peut être un autre usage, parce qu'on peut être les intégrer dans des pages et les lancer sans être devant un ordinateur, mais enfin l'effet sur les élèves ne change pas grand chose ; si ce n'est que l'on a la palette d'outils directement disponible.

▷ **Donc, si je devais résumer votre propos, un équipement de vidéoprojection avant l'installation de TBI ?**

► Oui...On m'a parlé de TBI qui valaient 700 euro, des prix qui deviennent tout à fait abordables.

▷ **Avez-vous d'autres éléments à préciser sur ces dernières questions ?**

► Bien que l'on cherche à développer l'usage de ces outils depuis maintenant bien une dizaine d'années, ça avance quand même assez lentement, on progresse, on progresse, mais on est loin d'un équipement...parfois l'établissement est mal équipé, parfois il est suréquipé et on n'utilise pas le matériel. C'est un constat, j'ai vu parfois des TNI dans une salle, mais plus dans les lycées que dans les collèges, oui, il est là, on ne sait pas trop quoi en faire, on en a reçu tellement que... c'est un peu dommage.

▷ **Enfin, de votre point de vue, peut-on dire que ces outils TBI suivent le même chemin que d'autres technologies à d'autres moments de l'histoire - je pense par exemple au plan d'équipement massif des ordinateurs à une époque et une sous-utilisation massive constatée ?**

► On ne peut pas parler d'une utilisation faible des enseignants. Quand ils y ont goûté, l'outil leur manque, s'ils sont amenés à se déplacer dans une salle où il n'y a plus cet outil...Ce n'est donc pas tout à fait comme d'autres équipements, où on a vu par exemple des salles informatiques entières non utilisées. Là, c'est quand même utilisé un petit peu, sont à la marge les établissements où les TNI remplacent les rideaux pour cacher du soleil...mais j'en ai vu des comme ça. Globalement, la région, sur les lycées, n'a équipé les établissements que sur demande, et en liaison avec le CATICE, sur des projets d'équipes et des trucs comme

ça, et le matériel est utilisé en général, et on a augmenté les dotations au fur et à mesure, donc ce n'a pas été tout à fait comme les ordinateurs.

► Tout à l'heure, on évoquait la salle informatique, moi je crois que pour les TBI, et un usage en classe complète, face au groupe d'élèves, c'est tout à fait intéressant, mais ça ne remplace pas, même si on peut avoir, il fût un temps où j'ai vu des tablettes où l'on peut écrire depuis sa place, ça je l'ai d'ailleurs rarement vu, c'est peu utilisé...mais je veux dire que l'utilisation du TBI est complémentaire d'une séance que l'on peut faire en salle informatique avec des élèves, où chacun à un poste ou un pour deux. C'est tout de même très différent comme utilisation

▷ **Pensez-vous que le TBI peut inciter les enseignants à se déplacer plus souvent en salle informatique ?**

► Le TBI, et l'utilisation dans le collectif fait que, on peut arriver à faire intervenir les élèves, on peut arriver à leur faire faire des choses, qu'ils se familiarisent avec certains outils, certains logiciels, etc...Donc, on peut parler d'apprentissage à utiliser un tableur, etc... Certains enseignants vont se contenter de cette utilisation, en se disant, la salle informatique ne contient que 15 à 20 postes, moi, j'ai 25 à 30 élèves, je ne peux pas les amener en salle informatique. Donc là pour certains enseignants, le TBI va se substituer à une séance en salle informatique...ça n'a pas du tout le même effet, moi je crois que c'est tout à fait complémentaire, l'un et l'autre sont complémentaires et nécessaires. D'autres enseignants, au contraire vont s'appuyer sur l'utilisation de l'outil en classe, en collectif, pour développer un certain nombre de savoirs faire qui pourront être investi dans la salle informatique en autonomie ou en quasi autonomie.

► Je ne suis pas un expert du TBI.

ENTRETIEN CONDUIT AVEC SÉBASTIEN

▷ **Existe-t-il un consensus au niveau institutionnel sur le déploiement des TBI ?**

► C'est difficile de parler de consensus dans la mesure où les attentes de l'institution sur l'utilisation d'un TBI ne sont pas complètement formalisées. On a jamais rédigé de documents qui pourraient servir de cadrage pédagogique sur l'utilisation de ces outils par exemple. Donc d'une part, je crois qu'il faut reconnaître que les attentes de l'institution ne sont pas d'une grande précision sur cet outil là, sinon que le point de consensus sur lequel on pourrait s'accorder, c'est que ces outils là sont sensés apporter une plus value dans l'enseignement des différentes disciplines. Ils ne sont pas là juste pour faire jolis, les nouvelles technologies ne sont pas uniquement là pour être utilisées pour elles-mêmes, pour former les élèves à ces nouvelles technologies, on souhaite systématiquement que ces outils là apportent une plus value à l'enseignement...ça, c'est donc le point commun, le dénominateur commun pour l'ensemble de l'institution. Au delà, je pense que les attentes peuvent différer selon les disciplines enseignées dans la mesure où la plus-value pédagogique attendue en mathématique n'est pas forcément la même que celle attendue en français ou dans d'autres disciplines.

▷ **Justement du côté des mathématiques, pourriez-vous préciser vos attentes ?**

► En Mathématiques, il y a plusieurs points qui nous semblent incontournables avec l'usage du TNI, le premier c'est par exemple d'utiliser les outils logiciels qui aujourd'hui sont au coeur de l'enseignement des mathématiques et qui doivent favoriser la démarche d'investigation dans cet enseignement. Je pense aux LGD, à l'usage d'un tableur...d'autres outils encore existent, la liste est longue, mais...un des points centraux, c'est que les TNI permettent de montrer l'utilisation de ces outils et de faire manipuler au moins un élève au tableau, en classe entière sans que l'on ait à déplacer toute une classe en salle informatique, ce qui pose toujours plein de contraintes, matérielles, organisationnelles, et qui freinent donc la fréquence de ce genre de dispositif. Alors que le TNI, on l'a en permanence, à disposition dans sa salle de classe, et donc on peut l'utiliser de façon beaucoup plus souple, beaucoup plus facile, on peut l'utiliser dix minutes si on en a envie, pour montrer, illustrer une situation, on est entrain de voir un théorème, on peut illustrer ce théorème à l'aide d'une figure dynamique par exemple et puis ensuite repasser à un cours plus traditionnel dans lequel le TN a moins de plus-value, on va dire. Donc ça c'est un premier point, accompagner l'usage des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques.

Le deuxième point, c'est de renforcer l'interactivité que peut avoir l'enseignant avec ses élèves. Plutôt que d'avoir un enseignant qui explique, qui expose ses idées à une classe qui écoute, et éventuellement de façon passive, on a, à mon sens, avec un tableau numérique, la possibilité d'avoir plus d'interactivité, on fait quelque chose, on avance, on peut faire progresser la réflexion, un élève qui fait une proposition, qui émet une conjecture par exemple, on peut la tester, ou l'élève peut venir la tester. Voilà, on peut travailler de façon plus interactive et donc rendre les élèves plus actifs en cours de mathématiques. Et ça c'est une volonté institutionnelle forte, depuis longtemps, et le TN peut y contribuer.

Et puis je citerai un dernier point qui est une attente plus modeste, qui est un souhait, mais là on est peut être plus dans le champ prospectif, c'est l'utilisation du TN en lien avec un environnement numérique de travail. C'est quelque chose que l'on essaie de développer pour faire le lien avec le travail de l'élève à la maison, avec les parents, ça permet de faire entrer ça dans la classe, ça permet aussi de développer cet autre outil.

▷ **Avez-vous d'éventuelles inquiétudes sur le déploiement massif de cette technologie dans les classes ?**

► Il y a une inquiétude, c'est pas une limite de l'outil, c'est une inquiétude quant à certains usages qui en sont faits. C'est que parfois, loin de renforcer l'interactivité entre le professeur et ses élèves, le TN peut avoir tendance à figer le cours et le rendre encore plus statique, quand par exemple, un professeur prévoit un cours dans lequel il fait défiler un diaporama, ça peut être plus confortable pour le professeur qui peut mieux surveiller sa classe, quand je dis surveiller, ce n'est pas uniquement sur l'aspect disciplinaire, ça peut être circuler pour les aider éventuellement, la construction du cours est figée parce qu'elle a été faite à l'avance, si elle est plus modifiable en temps réel contrairement au tableau noir, et là du coup on peut y perdre par rapport au tableau noir. C'est la seule limite que j'entrevois.

▷ **Pourriez-vous alors décrire des usages que vous auriez rencontrés en inspection, à la fois des épisodes que vous jugez intéressants, et des épisodes moins convaincants de votre point de vue ?**

► Plutôt négatif, c'est celui que je viens de vous dire, je pensais à quelque chose de bien concret. L'usage positif, c'est quand je vois que l'on met le TI au service d'une meilleure interactivité de l'élève. C'est à dire que l'on est vraiment dans une démarche d'investigation, on découvre un théorème, les élèves font des propositions, font des conjectures, souvent fausses au départ, mais quelles soient fausses ou justes le TN permet de les valider, de les invalider et surtout...c'est vraiment un outil qui vient en support de la réflexion des élèves. Et donc ça c'est extrêmement valorisé quand on évalue une séance d'inspection. Mais au delà de cela, quand on est en inspection, on évalue globalement l'efficacité d'une séance, on évalue pas l'usage du TN en tant que tel, on s'y intéresse pour voir s effectivement il est utilisé de façon pertinente, s'il est utilisé par rapport à l'objectif pédagogique de l'enseignant dans la séance, est-ce qu'il a bien été utilisé, est-ce qu'il aurait pu être mieux utilisé, etc...mais on ne fait pas une évaluation spécifique de l'utilisation d'un TN ou même des TICE au cours d'une séance. C'est toujours l'objectif global, est ce que la séance est efficace, est ce que les élèves ont appris quelque chose, est-ce qu'ils ont fait réellement des mathématiques pendant la séance, et de façon annexe, est ce que le TN a bien été mis au service de cet objectif là.

▷ **Existe-t-il des besoins d'accompagnement des enseignants pour cette technologie et dans l'affirmatif, quels sont ces besoins ?**

► Le besoin d'une prise en charge technique, il est satisfait actuellement, on met largement en oeuvre des formations de prise en main de l'outil. Par contre, je crois qu'il reste encore un besoin pas encore tout à fait satisfait d'accompagnement sur un usage pertinent d'un point de vue pédagogique sur ces outils là... enfin il y a un besoin, oui et non, je ne suis pas

convaincu...bien sûr, ce serait bien, mais bon, c'est un besoin parmi beaucoup d'autres besoins, est-ce que c'est une priorité...voilà. Je crois qu'il y a un certain nombre d'enseignants qui lorsqu'ils ont pris connaissance des possibilités de l'outil, qui sont quand même capables par eux mêmes de voir comment il peut servir leurs pratiques pédagogiques. Il faut quand même garder à l'esprit que les enseignants ont, j'allais dire un style d'enseignement, c'est peut être pas très approprié mais enfin ils ont une façon de mettre en oeuvre leur enseignement, c'est leur liberté pédagogique et c'est aussi à chaque enseignant d'utiliser l'outil au service de leurs pratiques pédagogiques. On peut donner des idées, montrer des exemples d'utilisation pertinentes de TN, mais c'est pas...je crois que d'une part, un certain moment, les enseignants sont capables de les trouver par eux-mêmes, et d'autre part, même si on va le faire, est-ce que ça va correspondre réellement à la façon de faire de chaque enseignant dans la classe, c'est pas évident. Et même si c'est le cas, je suis pas sûr, voilà, que ce soit une révélation pour beaucoup d'enseignants. Oui, c'est un besoin, en même temps, ça ne me semble pas être une priorité, une urgence absolue, ou un besoin absolument essentiel. Mais ça c'est un point de vue personnel.

▷ **Pensez-vous que le TBI peut inciter les enseignants à se déplacer plus souvent en salle informatique ?**

► Ni l'un, ni l'autre. Je pense que ce sont deux modes d'utilisation complémentaires, mais je ne suis pas sûr que l'un est une influence sur l'autre. De toute façon, lorsque l'on a un TN, lorsque qu'il y a un élève qui manipule le tableau, les autres restent spectateurs, alors que la salle informatique, le principe c'est que les élèves sont autonomes face à un outil pendant une période assez longue où ils sont confrontés à un problème où ils doivent mobiliser des outils pour trouver une solution, mais ils manipulent pas eux-mêmes. Donc ces deux pratiques qui sont tout à fait différentes mais qui sont complémentaires dans les objectifs à atteindre pour les élèves. ça concerne les productions d'élèves. J'ai vu une fois quelque chose de très très bien, un professeur qui avait donné un exercice à faire, les élèves devaient l'envoyer via l'ENT au professeur la veille, et le professeur avait sélectionné quelques productions d'élèves et les avait montrés au TN et les avait annotés en faisant discuter, réfléchir la classe sur ces productions là pour introduire ensuite la notion qu'il souhaitait introduire. Et j'ai trouvé que c'était un usage tout à fait pertinent.

▷ **Avez-vous des choses à rajouter ?**

► J'ai dit tout ce que j'avais à dire

ENTRETIEN CONDUIT AVEC YVES

▷ Existe-t-il un consensus au niveau institutionnel sur le déploiement des TBI ?

► Est-ce qu'il y a un texte institutionnel qui gère les choses, je crois que la réponse est non. En revanche, il est vrai que, si les institutionnels sont les inspecteurs notamment, il est vrai que les inspecteurs peuvent avoir des attentes pour favoriser l'avancement d'un certain nombre d'attentes attendues institutionnellement, qui pourraient utiliser éventuellement le TNI. C'est plutôt dans ce sens là je pense. Concernant les évolutions des pratiques de classe, sur les évolutions que l'on attend sur la formation des élèves, sur un certain nombre d'objectifs des programmes, il est vrai, à notre avis, que le TNI a sans doute un rôle à jouer à un certain moment et c'est plutôt en ce sens là que l'on entendre attentes institutionnelles. C'est cela ?

▷ Oui, c'est cela, de votre point de vue d'inspecteur, quelles sont vos attentes concernant les usages de l'outil ?

► D'accord, donc là c'est assez personnel finalement. Donc là c'est plutôt un point de vue qui est le mien et peut être pas celui de l'institution finalement. Donc qu'est-ce que l'on peut attendre du TNI à mon avis, et bien on peut attendre sans doute une amélioration du déroulé des cours de mathématiques avec des conséquences, on peut le souhaiter, heureuses sur la compréhension des élèves et l'appropriation de certains concepts. Je pense que le TNI est un outil qui peut aider un certain nombre d'élèves à s'intégrer à différents moments du cours, en particulier lors des moments de recherche et des moments de mutualisation où des élèves présentes un certain nombre de résultats de recherche, de démarches qui peuvent être des démarches de groupes ou des démarches individuelles. Donc là on est plutôt sur l'appropriation des connaissances et des objectifs des programmes.

Le deuxième point est peut être une familiarisation et un début d'appropriation qui pourrait ouvrir sur des séances en salle informatique où les élèves manipulent eux-mêmes mais avec le TNI, le fait qu'un certain nombre de logiciels, le tableur et les LGD qui font partie eux des objectifs officiels, de formation des élèves, ces outils sont avec le TBI, tout de même souvent sollicités et ils peuvent servir de première familiarisation pour permettre à des élèves arrivant en salle informatique d'avoir des connaissances préalables qui leur permettent de travailler avec une relative autonomie.

Il y a un troisième point qui me vient à l'esprit, le TNI, s'il est bien utilisé, est un outil qui peut améliorer l'image de la discipline. On a des enseignants de mathématiques et des cours qui se déroulent parfois disons de manière peu motivantes pour les élèves, susceptibles de ne pas encourager la pratique des mathématiques, ou d'ennuyer un peu les élèves. C'est avantage là vous paraîtra peut être un peu anecdotique mais pour moi, il ne l'est pas vraiment, je pense que le TNI peut considérablement contribuer à animer une séance, à mobiliser les élèves, et à donner une image positive de la discipline en montrant que...poser des questions, réfléchir, chercher un problème, ce n'est toujours aussi statique, individuel...ce n'est pas toujours une activité aussi individuelle et fermée que ça peut l'être quand un élève est

invité à prendre des notes ou réfléchir tout seul devant sa feuille.

▷ **Donc ce sont ces trois éléments qui correspondent à vos attentes ?**

► Oui, là finalement, j'ai traité de trois points, effectivement sur les apprentissages sur le fond, un apprentissage dirigé un peu plus sur les outils informatiques et numériques et un effet sur le climat de classe finalement et sur le rayonnement de la discipline, l'image de la discipline auprès des élèves.

▷ **Voyez-vous d'autres éléments, par exemple du côté de l'enseignement d'un thème d'étude ?**

► Sur la façon d'enseigner le thème, oui, parce que, la fonction qui me paraît essentiel sur ce TBI, c'est la possibilité de garder en mémoire toutes les traces de recherche et de cheminement de ce qui se passe dans la classe. En particulier, selon le type de pédagogie ou d'approche didactique mise en place par l'enseignant, si l'enseignant démarre, alors je ne sais pas comment on doit l'appeler, par une activité d'introduction ou par une activité d'étude et de recherche, enfin peu importe le mot, si l'enseignant démarre avec une activité qui est sensée marquer les esprits des élèves sur le thème d'étude qui commence, de façon à montrer l'intérêt, la légitimité des connaissances nouvelles qui vont apparaître, l'enseignant dans ces cas là essaie de construire une situation de référence, qui va motiver l'étude, qui va aussi contribuer à ce que les élèves comprennent le sens et les connaissances mathématiques qui seront dans un premier temps contextualisées, vont s'appuyer sur ce contexte pour faire sens auprès des élèves et quand on passe ensuite à la décontextualisation, et à l'institutionnalisation qui va suivre, et bien le fait de pouvoir enregistrer toutes les traces du travail de recherche qui se sont effectuées sur l'activité d'étude initiale, permet de revenir au contexte autant que les élèves en ont besoin, y compris une heure après mais aussi peut être un mois ou six mois plus tard donc je vois là quand même une possibilité offerte par cet outil de renforcer le rôle possible de ces activités d'étude et de recherche. Et c'est un peu la même chose aussi pour tout ce qui est traitement de l'erreur, c'est à dire que quand des élèves sont invités à se plonger dans une recherche, leur production sont rendues beaucoup plus facile à confronter avec ce genre d'outils, puisqu'encore une fois, ça joue sur la mémorisation que permet l'outil, c'est à dire que l'on peut passer d'une production à une autre si plusieurs élèves ou plusieurs groupes d'élèves se sont succédés sur le tableau numérique, pour y étudier des démarches, alors on peut étudier de manière linéaire les démarches l'une après l'autre, mais on peut aussi passer très facilement de l'une à l'autre, et puis les rappeler autant que de besoin, si on a cinq productions et en étudiant la cinquième on se rend compte qu'il y a un lien ou une contradiction forte avec la première, il est très facile de les juxtaposer, de revenir sur la première, de comparer les différences d'approches et éventuellement les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles.

▷ **C'est donc les possibilités de mémorisation de l'outil que vous jugez intéressantes ?**

► Oui, c'est vrai que dans les académies, on s'est interrogé assez longuement sur les apports du TNI, et en particulier cet outil qui est plus cher qu'un simple vidéo-projecteur, qu'apporte

t-il de plus que le vidéoprojecteur. Donc, c'est quand même ça la réponse essentielle que nous avons trouvée. C'est à dire que pour nous, qui dans l'académie, je pense que vous vous en souvenez, sommes très attachés à une approche par progression spiralee dans l'année, une approche qui au collège est de plus en plus pertinente, maintenant que l'on est sur le socle commun où l'on essaie non seulement de spiraler sur des thèmes d'étude mais aussi en préservant une montée en puissance des compétences, on essaie de promouvoir maintenant que le premier trimestre permettent aux enseignants de faire un premier passage sur tous les thèmes importants de l'année, peut être en se limitant dans un premier temps, au degré d'exigence du socle, à quelque chose prêt. Cela signifie que tous les plus grands thèmes de l'année vont être étudiés et à plusieurs reprises, premier, second, troisième trimestre, en gros trois passages dans l'année sur chaque thème, le fait de mémoriser sur le TNI lors du premier passage au cours du premier trimestre et de pouvoir le convoquer autant que de besoins lors du passage deux ou du passage trois lors du deuxième ou du troisième trimestre me paraît être d'une richesse tout à fait intéressante.

▷ **Voyez-vous des limites dans cet outil ?**

► A priori je n'ai pas de réponse complète la dessus. A priori, c'est quand même un outil qui a une grande visibilité chez les non-spécialistes, que ce soit les non spécialistes en didactique des mathématiques ou même en pédagogie, je veux dire que les conseils généraux de temps à autres, décrètent des plans d'installation de TNI, les chefs d'établissements aussi parfois quand ils en ont des opportunités, le problème est que tout ça n'est pas toujours construit en pensant clairement à la pédagogie qui est derrière et c'est plutôt construit comme une campagne de communication en direction des familles ou de l'institution pour montrer que l'établissement est dynamique ou que le conseil général est attentif à l'éducation, et on se retrouve parfois avec des professeurs qui se retrouvent munis d'un TNI comme ça sans aucune formation, et là, par contre, ce n'est pas l'outil que je mets en cause, mais c'est le défaut de formation qui fait que l'effet de cet outil peut être nul voire même contreproductif. En particulier, je ne sais pas ce que vous en pensez mais moi j'ai vu un certain nombre d'établissements dans lesquels il y a eu comme ça plusieurs salles équipées d'un seul coup de TNI, d'une façon un peu systématique, et les gens ont, d'autorité, posé le TNI à la place de l'ancien tableau, tableau qui a donc été démonté, et donc dans la salle subsiste un et un seul TNI. Ce qui me paraît personnellement tout à fait regrettable parce que autant je suis tout à fait favorable à l'apparition du TNI, autant il me semble qu'il faut conserver absolument un autre tableau, tableau classique d'une manière complémentaire avec le TNI.

▷ **Dans les inspections que vous réalisées, comment appréciez-vous les usages de l'outil ? avez-vous des exemples d'épisodes ?**

► Moi, j'ai en tête, et j'étais à bonne école, puisque Christian Buret qui est désormais en retraite depuis cette rentrée, on lui avait confié quand même les clés de ce dossier, et ils nous a apporté quand même beaucoup d'informations et de réflexion tout à fait précieuses. Il est beaucoup intervenu pour accompagner des équipes d'établissements à leur demande lorsqu'elles étaient dotées de TNI, et ce que j'ai retenu de son apport, c'est d'abord une clas-

sification des niveaux d'utilisation. Sa classification fait apparaître quatre ou cinq niveaux, avec un niveau qui est le niveau zéro et qui consiste finalement à avoir un TNI dans la classe et à l'utiliser comme un petit outil de projection utilisé de façon occasionnelle et pour ça, on pourrait vraiment se contenter d'un vidéo-projecteur. On a un autre niveau ensuite où on rend un peu plus facile l'utilisation grâce au TNI d'un certain nombre d'outils complémentaires comme un tableur ou un LGD, parce que tout ça a été intégré et donc le professeur l'utilise comme un vidéoprojecteur mais avec certaines fonctionnalités qui sont très pratiques et qui permettent de passer d'un logiciel à un autre d'une façon rapide et fluide pour les élèves. Donc, jusque là si vous voulez, c'est des usages que je vois fréquemment dans les inspections, et d'ailleurs, quand on ne fait pas attention, que l'on est spectateur inspecteur au fond de la classe, à un certain moment, je suis obligé de faire attention pour prendre en note le fait que c'est un TNI, et non pas un simple vidéoprojecteur puisqu'il m'arrive de terminer des séances en me disant, tiens, je n'ai pas fait attention, est-ce que c'était un TNI ou un vidéoprojecteur, et dans ce cas là, ça signifie bien que les usages qui ont été fait de l'outil n'étaient pas caractéristiques du TNI. Le vrai niveau à partir duquel le TNI est quand même tout à fait exploité dans ses fonctionnalités, c'est ce que j'ai dit tout à l'heure concernant la mémorisation, et l'idée aussi que c'est un vrai espace de recherche auquel les élèves sont habitués, c'est à dire que les élèves passent très facilement au tableau, ont une certaine familiarité avec l'usage des instruments qui vont avec, et ils sont capables éventuellement d'utiliser quelques fonctions du tableau, pour agrandir, pour organiser leurs présentations, qui soient quand même des particularités ou des spécificités du TNI. Alors, si j'essaie d'exemplifier tout ça, alors, on le rencontre de plus en plus, la majorité des enseignants tel que je les vois moi jusqu'à maintenant, c'est plutôt un usage de vidéoprojecteur que je vois, alors plus ou moins...ça peut être quand même assez bien fait. Mais le vrai usage qui va jusqu'à exploiter les fonctions de mémorisation et rendre les élèves habiles et en situation d'utiliser quelques éléments de recherche liés à la spécificité du TNI, ça, je le vois très rarement, je l'ai vu quand même, et je l'ai vu notamment en lycée, je ne sais pas si ça vous dit quelque chose mais on a quelqu'un qui s'appelle Stéphane Verroneau dans l'académie, qui est un chevalardien convaincu, qui travaille donc sur des activités d'étude et de recherche, il a formé d'ailleurs complètement un jeune collègue dans son lycée à cette approche là, et tous les deux utilisent des TNI, mais alors là, tout à fait dans le sens de ce que je disais tout à l'heure, c'est un peu eux qui m'ont éclairé sur le caractère efficace du TNI pour ça, c'est à dire que eux introduisent systématiquement et dans toutes leurs classes, y compris terminale S, leur séquence, sur un thème donné, par une activité d'étude et de recherche, qui peut durer de une à trois ou quatre heures, et systématiquement, les éléments intéressants sont enregistrés sur le TNI, et ils sont abondamment réutilisés dans les heures ou les mois qui suivent, en fonction des besoins des élèves, à chaque fois qu'un retour semble utile parce que l'élève est un peu perdu dans le formalisme ou dans une situation décontextualisée, et bien, un retour au contexte qui a servi à installer le sens au début de la séquence est très facilement fait grâce aux archives qui ont été conservées.

▷ **Avez-vous alors en-tête un épisode moins judicieux de votre point de vue ?**

► J'ai observé une fois en terminale S un professeur qui faisait un cours de probabilités, alors on était là plutôt sur un usage, je ne dirai pas nul, je dirai contre-productif du TNI. C'est à dire que tous ces cours étaient effectivement informatisés, au sens que prêts dans des logiciels de traitement de texte, enregistrés dans la mémoire de l'appareil, et le cours se déroulait, le cours qu'il avait donc rédigé en word en l'occurrence en laissant quelques trous, on était dans un document à trou, et bien ce cours se déroulait devant des élèves, et lui, en gros le lisait en le commentant, et puis les élèves le copiaient, cela avait été une séance assez atterrante, là je vais sur les deux usages extrêmes, j'ai décrit en premier lieu l'usage le plus expert, qui m'a vraiment convaincu des grandes potentialités de l'outil, et là je décris à l'opposé ce que peu devenir l'outil quand il est donné sans formation à un professeur, qui reste isolé dans sa classe, et qui ne s'informe pas sur ce que l'outil peut potentiellement lui apporter, on est tombé là en deçà de la frontière que vous évoquez, c'est à dire que le professeur était probablement plus interactif avec sa classe avant d'avoir le TNI. Et une fois l'outil installé dans sa classe, cet outil est extrêmement confortable pour l'enseignant, il est par contre relativement cassant pour la relation qu'il a avec ses élèves, parce que la relation se fait par tableaux interposés, et pour les élèves, c'était quand même assez caricatural, le proviseur était effondré, il était présent dans cette séance aussi parce que les élèves ont passé l'heure à copier, et on voyait bien qu'ils n'avaient même pas le temps de réfléchir pour proposer les mots à mettre dans les trous qui étaient laissés dans le document. Donc on a des élèves qui ont passé l'heure à copier et qui n'ont sans doute pas vraiment réfléchi sur ce qu'ils avaient copiés. Et pour l'enseignant, évidemment il y a un vrai piège, parce que on a eu une classe, alors c'est une classe de terminale S, une classe extrêmement sage, des élèves qui n'ont pas manifesté leur mécontentement à aucun moment, qui ont passé l'heure à gratter, avec peut être l'impression pour le professeur que les élèves étaient très studieux, mais ils n'étaient pas en éveil intellectuel. On a là une illusion de tenue de classe, mais une tenue sur des objets qui ne sont pas ceux que l'on souhaite.

▷ **Pourriez-vous alors exemplifier l'autre usage, plus intéressant ?**

► Ca ne va pas être absolument évident, ça fait longtemps... J'ai plutôt quelques documents de Christian Buret, là, j'aurai des exemples si vous voulez qui seraient proche de ça. Là j'ai un exemple, on est au collège, on est sur le dénombrement de carrés. On a un carré de côté 8 sur 8, composé de 64 petits carrés, et on cherche à dénombrer tous les carrés qui sont sur cette figure. Et donc là, on a un enseignant qui a fait travailler ses élèves par groupes de 4 et qui a ensuite réuni les productions des différents groupes, qui ont été mémorisées, et moi, j'ai sous les yeux une copie d'écran où il a juxtaposé plusieurs solutions apportées par les élèves, et une comparaison qui est ensuite traitée au cours d'un débat de classe, qu'il utilise lui pour déboucher sur la synthèse de ce qu'il souhaite retenir. J'ai plusieurs exemples de sa part qui sont de cette nature là, j'en ai un avec les agrandissements- réductions en troisième, j'en ai un sur la légende de Sissa, c'était un peu le même principe que les carrés dont je parlais précédemment, j'en ai sur la translation aussi...j'en ai un aussi sur la somme

des n premiers entiers et c'est un travail qui est construit essentiellement, bien qu'il n'y est pas proportionnalité...enfin, le point de départ, ce sont les escaliers, on compte les petits cubes qui servent à faire les escaliers...on a un cube, ensuite on en a trois, ensuite cinq, on construit des escaliers de cette façon là, et on compte le nombre de cubes nécessaires, ça revient au même, ce que les élèves ont tendance à penser au collège de prime abord, c'est que le nombre de marches est proportionnel au nombre de cubes. Or, c'est pas du tout ça. Donc, ce n'est pas une activité à proprement parler...si, c'est quand même une activité qui a en point de mire, derrière, la proportionnalité, essentiellement pour démontrer l'idée que tout est proportionnel, et en particulier ici, pour faire réfléchir les élèves qui partent tous sur la proportionnalité. Et donc, là aussi la confrontation de plusieurs productions d'élèves permet de prendre conscience, par les différentes entrées qui sont faites, que la proportionnalité n'est pas la réponse.

▷ **Existe-t-il des besoins d'accompagnement des enseignants pour cette technologie et dans l'affirmatif, quels sont ces besoins ?**

► Je pense qu'il faut des accompagnements qui se fassent sur site. C'est ce que nous faisons d'ailleurs, on en est assez satisfait, on a toujours le groupe ressource que vous avez connu, et au sein de ce groupe ressource, on a des professeurs qui sont distribués géographiquement dans l'ensemble de l'académie, et lorsqu'un établissement est équipé en TNI, et bien il peut s'adresser à moi qui suis toujours la tête de réseau de ce groupe académique et je sollicite un professeur qui a les compétences pour faire ce genre d'accompagnement concernant la mise en oeuvre du TNI. Et donc, en général, on travaille en proposant une action qui se tient en deux demi-journées, durant lesquelles le formateur se rend dans l'établissement et travaille lors de la première demi-journée un peu pour prendre la mesure de l'environnement, de l'état d'appropriation des collègues qui sont sur place, des attentes, des besoins, qui en général, fait un peu avancer et qui propose un certain nombre de pistes, et s'arrange aussi pour qu'à la fin de la première demi-journée, toutes les personnes aient au moins un projet d'expérimentation dans leur classe, qui mobilise le TNI a un niveau qui soit un peu supérieur à ce qu'était leur niveau au moment où le formateur est arrivé. Alors, c'est vrai que l'on a organisé tout ça avec les quatre ou cinq niveaux que Christian Buret a défini, c'est à dire que quand le formateur arrive sur cette première demi-journée, son premier objectif, c'est de repérer le niveau d'usage qui est celui des enseignants qui sont là, et donc du coup, sa progression existe *de facto*, si les professeurs sont repérés au niveau n , il va essayer évidemment de le faire avancer au niveau $n + 1$ et peut être envisager le niveau $n + 2$ sur la deuxième demi-journée. La deuxième demi-journée consiste donc en un bilan et une synthèse de ce qui s'est fait notamment en inter-session dans leurs expérimentations et se poursuit par de nouveaux apports, des échanges, et donc, si possible, continuer d'essayer de progresser dans l'échelle des différents niveaux que nous avons repérés.

▷ **Ces formations prennent-elles en compte des connaissances instrumentales de l'outil ?**

► Les connaissances instrumentales ne sont pas notre premier objectif, c'est vrai, au sens

où apprendre à l'enseignant à maîtriser techniquement l'outil, c'est quelque chose qui est considéré pour nous comme un objectif qui va de soi mais qui n'est pas l'objectif affiché. Alors, c'est en général l'objectif qui est mis en avant dans la demande de l'équipe et assez souvent du chef d'établissement, quand cette demande passe par le chef d'établissement, et nous y répondons en disant systématiquement que ce n'est pas en une demi journée que l'aisance technique va être obtenue, le professeur qui va venir en tant que formateur pour faire avancer les équipes va certainement apporter un certain nombre d'éclairages et résoudre quelques soucis techniques, mais le fond sur lequel on propose aux gens de travailler, c'est quand même de se mettre en activité sur des questions professionnelles d'usage du TNI au service de la pédagogie et de tous les jours dans la classe, et l'appropriation technique du maniement de l'outil va se faire au fil de cet après midi mais plutôt par des points réguliers sur un certain nombre de fonctionnalités que l'on repère à certains moments, en fonction de certains objectifs d'usage, mais c'est quand même bien mis au service de la formation plus généralement de la formation mise en place pour supporter la pédagogie mise en place par l'enseignant. On n'est pas dans le balayage d'une liste technique pour caricaturer, on est dans comment intégrer l'outil TNI dans les pratiques de tous les jours de l'enseignant et à partir de là, quelles sont les différentes fonctionnalités qui vont être appelées pour cette intégration. Donc il y a finalement un petit décalage qui est à peu près systématique, la demande posée est en général sur ce terrain des fonctionnalités techniques, et la réponse est annoncée comme prenant en compte cela mais plutôt en second plan, le premier plan étant la réflexion sur les objectifs poursuivis avec l'outil.

▷ **Avez-vous des éléments complémentaires à ajouter ?**

► Bien non, je pense que j'ai à peu près fait le tour de tout ce à quoi je pense en ce moment là dessus, peut être la question que l'on se pose est est-ce que l'arrivée de l'interaction qui existe...enfin, la mise en réseau des établissements...en tout cas, est-ce que l'intégration dans un portail académique ou d'établissement ne va pas un peu modifier le positionnement ou l'usage que l'on peut faire du TNI. On a quelques formateurs qui sont entrain de se dire que la fonction de mémorisation qui est celle qu'on a reconnue comme essentielle sur le TNI peut maintenant éventuellement se faire ailleurs au sein du réseau d'établissements, de façon assez pratique. Alors ça je ne sais pas bien car je n'ai pas l'occasion de manipuler comme ça, et si cette chose là se confirme dans la suite, est-ce que l'on est pas entrain de perdre un des avantages du TNI. Parce que le TNI est intéressant mais il est vrai que son coût est relativement important encore et si on le compare avec celui d'un vidéoprojecteur, si on arrive à coupler le vidéoprojecteur avec un certain nombre de fonctionnalités extérieures, et bien bon....enfin, je ne sais pas, je ne sais pas. Je ne sais pas où on va dans ces questions là.

▷ **Une dernière question, utilisez-vous ou renvoyez-vous les enseignants vers les ressources institutionnelles TBI, je pense à Educ'base ?**

► J'avoue que j'en ai pas une connaissance récente, ce que je sais, c'est qu'effectivement, notre groupe de formateur utilise beaucoup ses ressources là, dans les formations dont j'ai parlé précédemment, en revanche, c'est vrai que moi je ne les promeus pas plus que ça pour

l'instant, je revois facilement à cela, mais c'est vrai que je ne rentre pas dans une analyse ou quelque chose de précis avec les équipes que je rencontre.

▷ **Dans la connaissance que vous avez du corps enseignant, avez-vous entrevu des résistances ou pas dans l'intrégration du TBI ?**

► En ce qui concerne les mathématiques, je ne vois pas de résistance forte du moins en grand nombre, on a bien quelques professeurs qui sont toujours en délicatesse avec l'outil informatique en général, mais globalement, les professeurs de mathématique à qui on installe un TNI dans leur classe à demeure, très majoritairement se disent très satisfaits et trouvent extrêmement confortables l'installation de cet outil dans leurs classes, le problème quand même, c'est que la montée en puissance dans les différents niveaux d'usage peu être très lente voire même ne se fait pas, on rencontre quand même, j'ai cité un cas tout à fait caricatural tout à l'heure, qui est plutôt un cas isolé dans ce que j'ai vu, fort heureusement, mais on voit des choses qui s'approchent de ça, de façon un peu moins grave peut être, mais, le risque, c'est quand même que les choses s'installent, encore une fois sans la formation, auquel cas, on a un risque que, en apparence, le temps que l'on entre pas dans la classe, on a l'impression que tout va bien du point de vue des chefs d'établissements par exemple, et des conseils généraux, des décideurs, les choses en apparence peuvent être très satisfaisantes, parce qu'ils ont fait l'effort de déployer, d'installer, ils ont des retours positifs des personnes concernées, que sont les enseignants qui leurs disent que c'est confortable, que ça améliore leur enseignement chaque jour, mais l'analyse ensuite, quand on pénètre effectivement dans la classe, montre que toutes les parties ont beau être satisfaites, et les élèves aussi d'ailleurs qui assez souvent, même quand l'usage est assez peu expert, il y a un consensus pour dire que l'outil est confortable, et agréable, qu'il apporte un plus dans le fonctionnement du cours, mais c'est un plus au niveau du confort beaucoup plus qu'au niveau de la pédagogie, et de l'amélioration de l'apprentissage des élèves.

▷ **Quelles sont alors vos craintes précisément ?**

► La crainte serait que le développement ne soit pas accompagné de formation, la crainte n'est pas qu'il y est un développement massif de cette technologie.

▷ **Du coup, l'outil TBI est un outil quelque peu différents des autres outils technologiques dans vos propos ?**

► Bien, c'est à dire que par rapport à l'usage expert que j'ai essayé d'en décrire, effectivement, il est utilisé de façon optimale dans une certaine pédagogie qui n'est pas la pédagogie transmissive finalement. Une bonne expertise de cet outil se met au service d'une approche socio-constructiviste. De ce point de vue là, je mettrai sur un pied d'égalité l'usage d'une salle informatique, c'est à dire que quand les élèves sont en situation de travailler eux-mêmes sur un poste, on est de mon point de vue entrain de mettre les élèves en situation sur des résolutions de problèmes, ce qui potentiellement fait avancer les choses dans la même direction.

▷ **Du coup, dans votre discours, le TBI n'est pas un élément nécessairement susceptible de modifier les pratiques ?**

► Peut être que j'ai un peu exagéré avec notre professeur de terminale S qui nous fait des probabilités avec des documents à trous, c'est vraiment l'extrême encore un fois, non, je dira qu'a priori, le TNI, s'il est livré sans formation dans une classe, va dans la plupart des cas, laisser le registre pédagogique et didactique de l'enseignant en l'état où il était avant son arrivé. Il y a un petit risque pour certains de s'installer dans un confort qui pourrait être contre productif, que j'ai observé de temps à autre, mais c'est quand même un cas qui dieu merci n'est pas très fréquent, en revanche, si l'on prend la précaution d'accompagner cette livraison de l'outil d'une formation, là, on peut espérer monter en niveaux d'expertise. Donc, à mon avis, l'installation du TNI...l'effet sur les pratiques est potentiellement positif, alors avec la réserve qu'il faut l'accompagner de formation, mais globalement, il devrait être positif.

QUELQUES MORCEAUX CHOISIS DANS LA SUITE DE L'ENTRETIEN QUI N'A PAS DIRECTEMENT CONCERNÉ LE TBI

► La plupart de nos formations maintenant, que ce soit de petits accompagnements au sein des établissements en deux fois une demi-journée ou des stages du PAF un petit peu plus lourd en deux fois une journée, ou trois fois une journée, on les distancie absolument systématiquement dans le temps désormais, avec toujours cette idée de mises en action et d'expérimentation dans l'inter-session. Et donc effectivement, sur un thème de travail comme le TNI, où on a en gros une grille de positionnement, c'est quand même extrêmement fonctionnel pour les formateurs de faire le repérage de la situation qu'ils trouvent à l'arrivée, et de ce qu'ils peuvent espérer atteindre comme progression derrière.

► Nous, on réclame la coexistence du TNI et du tableau noir, mais on se fait surprendre parfois, en Eure et Loir, tout l'équipement TICE des collègues a été confié à une société privée pour un durée de 9 ou 12 ans, je ne sais plus, enfin, c'est une folie mais c'est comme ça, et donc de temps à autre, ils arrivent dans un établissement, et ils installent des TNI, et en général, ils font les choses de façon assez solitaires et en prenant en compte uniquement leur point de vue à eux, et en particulier, on a été obligé de beaucoup lutter pour leur faire accepter l'idée que quand un TNI était installé, et bien il fallait trouver le moyen de garder le tableau d'origine, et ça, ils ont beaucoup résisté à cela.

► Nous, notre formation n'est pas inscrite au PAF, c'est bien un accompagnement qui se fait dès lors que les enseignants sont dotés, ça ne sert à rien de les faire avant, un an ou deux avant. La formation se passe sur leurs propres outils. Et elle est très localisé car sur une ou deux équipes de professeurs, voire trois car on a effectivement beaucoup de souci de ressources en ce moment en formation. Donc on est dans le contexte et à l'écoute des besoins. Pour nous, c'est une constante depuis plusieurs années, on intervient que dans ces conditions là. C'est par exemple ce que l'on a fait il y a deux ou trois ans avec l'épreuve informatique de terminale S, de TP en salle informatique. On a mis aucune formation au PAF de façon massive.

► Il est vrai que, ce que je constate dans les établissements, les mathématiques font partie des disciplines que les chefs d'établissements ont tendance à privilégier pour l'attribution

des TNI, assez souvent avec les professeurs de langues vivantes et d'histoire-géographie.

Annexe D

Grilles d'analyse Educ'Base

Académie : Orléans-Tours
Date : 29-01-08
Titre : Trois cercles ayant un point commun
Niveau : Troisième
Thème : Configurations-constructions
Cadre d'utilisation : Vidéoprojection, Travail autonome, Travaux dirigés, TBI
Type de logiciels : LGD
Description : Une situation géométrique très riche à exploiter pour créer des activités de recherche
Type d'activité : introduction d'une nouvelle notion – exercices d'application – calcul mental – activité de recherche.
Lieu de réalisation : non renseigné
Organisation du travail : non renseigné
Déroulement de la séance : Seule la consigne est donnée
Tâches allouées aux élèves dans l'environnement TBI : non renseigné
Tâches allouées à l'enseignant dans l'environnement TBI : non renseigné
Fonctionnalités du TBI utilisées : non renseigné
Ressources TUIC fournies : fichier LGD
Justification de l'apport des ressources TUIC fournies : non renseigné
Justification de l'apport du TBI : non renseigné

Académie : Grenoble
Date : Mai 2009
Titre : Démonstration du théorème de Pythagore
Niveau : Quatrième
Thème : Configurations-constructions
Cadre d'utilisation : Vidéoprojection, Travail autonome, Travaux dirigés, Aide individualisée, soutien, TBI
Type de logiciels : LGD
Description : Le but de cette activité est d'apprendre à se servir de GEOGEBRA pour réaliser une figure qui illustre une démonstration du théorème de Pythagore.
Type d'activité : Prise en main d'un logiciel de géométrie dynamique.
Lieu de réalisation : non renseigné
Organisation du travail : non renseigné
Déroulement de la séance : non renseigné
Tâches allouées aux élèves dans l'environnement TBI : non renseigné
Tâches allouées à l'enseignant dans l'environnement TBI : non renseigné
Fonctionnalités du TBI utilisées : contrôle du LGD
Ressources TUIC fournies : fichier pdf
Justification de l'apport des ressources TUIC fournies : non renseigné
Justification de l'apport du TBI : non renseigné

Académie : Guadeloupe
Date : 16-01-09
Titre : Représentation affine dynamique
Niveau : Troisième
Thème : Fonctions numériques
Cadre d'utilisation : Vidéoprojection, Travaux dirigés, TBI
Type de logiciels : Tableur
Description : A l'aide du tableur Excel, ce fichier permet de visualiser le tableau de valeur et la représentation graphique de la fonction affine f définie par $f(x)=ax+b$, quand on fait varier a ou b .
Type d'activité : Introduction d'une notion.
Lieu de réalisation : non renseigné
Organisation du travail : non renseigné
Déroulement de la séance : non renseigné
Tâches allouées aux élèves dans l'environnement TBI : visualiser les tableaux de valeurs
Tâches allouées à l'enseignant dans l'environnement TBI : piloter le logiciel Excel du tableau
Fonctionnalités du TBI utilisées : visualisation
Ressources TUIC fournies : fichier Excel
Justification de l'apport des ressources TUIC fournies : non renseigné
Justification de l'apport du TBI : non renseigné

<p>Académie : Orléans-Tours</p> <p>Date : 2009</p> <p>Titre : Agrandissement du puzzle</p> <p>Niveau : Sixième</p> <p>Thème : Proportionnalité</p> <p>Cadre d'utilisation : TBI</p> <p>Type de logiciels : Application Flash</p> <p>Description : A partir d'un puzzle donné, construire un agrandissement de ce même puzzle en réalisant l'agrandissement de chacune de ses pièces</p> <p>Type d'activité : Introduction d'une notion.</p> <p>Lieu de réalisation : La classe</p> <p>Organisation du travail : Par groupes de 4 élèves</p> <p>Déroulement de la séance : Une seule consigne est donnée, la longueur 4 sur le puzzle de départ devient 10 sur le puzzle agrandi. Chaque élève réalise l'agrandissement d'une pièce du puzzle. Après cette phase de recherche individuelle, les élèves du groupe mettent en commun leurs travaux pour assembler le puzzle agrandi.</p> <p>Tâches allouées aux élèves dans l'environnement TBI : Les élèves viennent construire l'agrandissement du puzzle au tableau en renseignant les valeurs numériques des côtés des pièces du puzzle. Le TBI permet alors de valider ou d'invalider différentes procédures d'agrandissement envisagées en déplaçant les pièces du puzzle pour le reconstruire</p> <p>Tâches allouées à l'enseignant dans l'environnement TBI : Les procédures utilisées par les élèves sont collectées par l'enseignant au TBI et enregistrées pour un traitement global en fin d'activité</p> <p>Fonctionnalités du TBI utilisées : mémorisation, déplacement</p> <p>Ressources TUIC fournies : fichier Flash</p> <p>Justification de l'apport des ressources TUIC fournies : non renseigné</p> <p>Justification de l'apport du TBI : mutualiser les procédures, valider ou invalider les procédures, mémoriser le travail.</p>
--

Annexe E

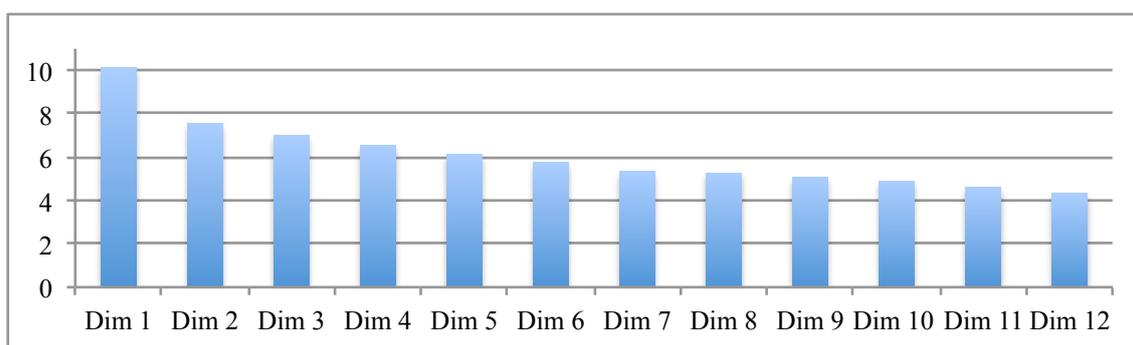
Analyse commentée des questionnaires

Compléments sur l'ACM

Questionnaire non-utilisateurs

Choix du nombre d'axes

Plusieurs solutions existent pour déterminer le nombre d'axes à analyser dans une ACM. L'une consiste à représenter le diagramme en barres des valeurs propres ou des inerties associées à chaque axe.



VALEURS PROPRES ASSOCIÉES AU DOUZE PREMIÈRES DIMENSIONS DE L'ACM

Ici, la décroissance des valeurs propres est régulière à partir la deuxième dimension. Les deux premiers axes expriment 17,7% de l'inertie totale (autrement dit, 17,7% de l'information du tableau de données est résumée par les deux premières dimensions, ce qui n'est pas inhabituel dans le cadre d'une ACM). On se propose donc dans notre étude de détailler dans un premier temps l'interprétation des deux premiers axes factoriels. Dans d'autres cas, la décroissance des valeurs propres peut être régulière globalement. Dans ce cas, il devient difficile de choisir le nombre d'axes (même si cela est courant en ACM) et l'investigation d'autres plans (dim2-dim3 ; dim3-dim4) peut être informative du point de vue de l'analyse.

Le graphe des individus

L'étude des individus consiste à repérer les ressemblances entre individus du point de vue de l'ensemble des variables, c'est à dire à dresser une typologie des individus. Le calcul de la distance entre individus s'appuie d'une part sur les modalités qu'ils ont choisi, et d'autre part, sur les caractéristiques des autres individus, modalité par modalité, en prenant en compte la rareté ou le caractère général de la modalité.

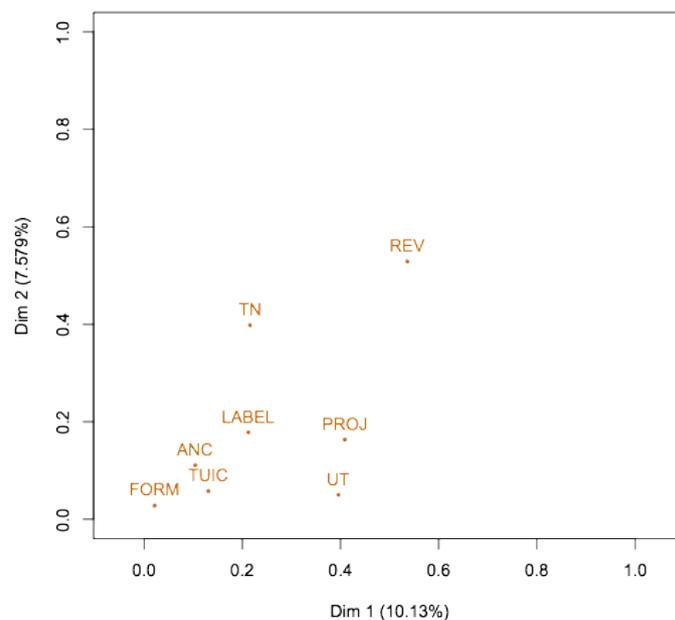
Plus précisément, la distance entre individus se calcule à partir d'un tableau disjonctif complet (TDC)¹, c'est à dire un tableau qui croise en ligne les individus et en colonne l'ensemble des modalités de toutes les variables. Un élément x_{ik} de ce tableau vaut 1 si l'individu i possède la modalité k et 0 sinon. Ce tableau est de dimension $I \times K$ avec

1. un extrait d'un TDC est fourni plus bas

La distance entre individus s'interprète de la manière suivante : des individus proches sur le graphe partagent de nombreuses modalités en commun. A l'inverse, des individus éloignés ont peu de modalités en commun. Il est dès lors possible de revenir aux modalités choisies précisément par ces individus pour examiner dans le détail ce que signifie cette proximité sur le graphe. Cette démarche exploratoire est cependant quelque peu fastidieuse et l'étude des modalités permet de la compléter et la généraliser utilement.

Le graphe des variables

En AMC, les variables sont représentées en calculant les rapports de corrélation entre les coordonnées des individus sur un axe et chacune des variables qualitatives. Si le rapport de corrélation entre la variable k et l'axe s est proche de 1, les individus possédant la même modalité pour cette variable k ont des coordonnées voisines pour l'axe s .



REPRÉSENTATION PLANE DU NUAGE DES VARIABLES ACTIVES

Le graphe des variables actives permet de connaître les variables les plus liées aux axes, autrement dit, il permet d'interpréter les axes par les variables. Celles qui contribuent le plus à la construction de l'axe 1 sont les variables REV et PROJ, en ce qui concerne le deuxième axe, REV et TN contribuent le plus à sa création. Cette information résume l'influence globale de toutes les modalités de chacune des variables sur la construction des axes.

Le graphe des modalités

Concernant le graphe des modalités, la distance entre deux modalités k et k' se calcule en dénombrant les individus qui prennent soit la modalité k soit la modalité k' (en reprenant les notations précédentes $I_{k \neq k'}$ et en pondérant par une fonction inversement proportionnelle à I_k et $I_{k'}$)

$$d_{k,k'}^2 = C' \frac{I_{k \neq k'}}{I_k I_{k'}}$$

avec C' une constante.

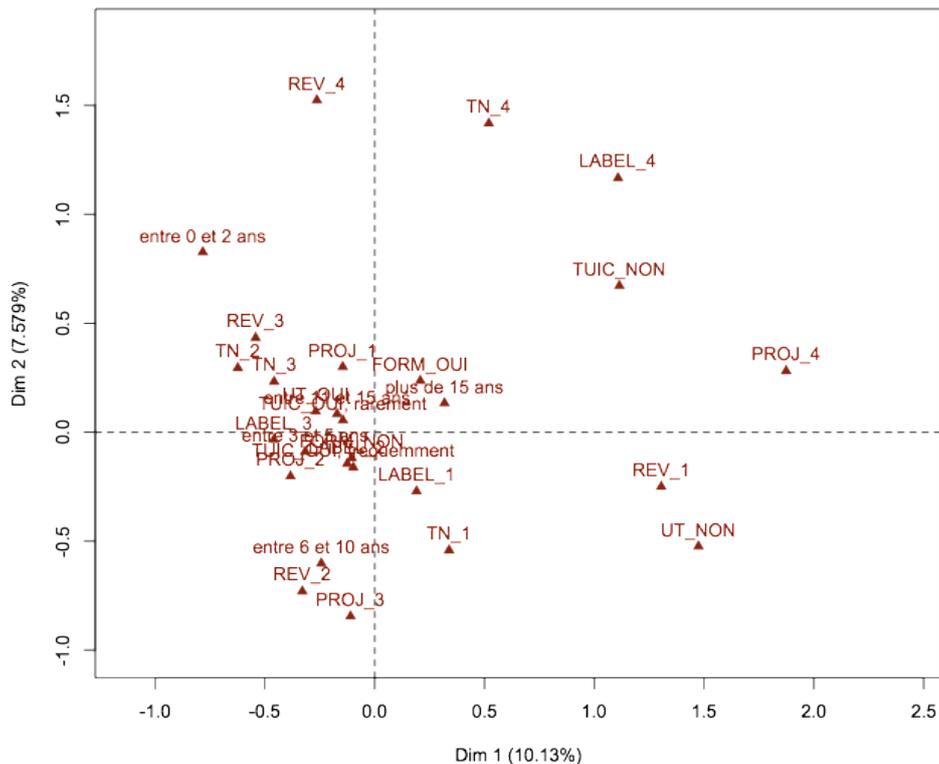
Le nombre d'individus prenant une et une seule de deux modalités est égal à $I_{k \neq k'} = \sum_{i=1}^n (x_{ik} - x_{ik'})^2$

$$d_{k,k'}^2 = C' \frac{1}{I_k I_{k'}} \sum_{i=1}^I (x_{ik} - x_{ik'})^2$$

En développant et en utilisant les propriétés du codage ($x_{ik}^2 = x_{ik}$), on obtient :

$$d_{k,k'}^2 = C' \frac{\sum_{i=1}^I x_{ik}^2 + \sum_{i=1}^I x_{ik'}^2 - 2 \sum_{i=1}^I x_{ik} x_{ik'}}{I_k I_{k'}}$$

$$d_{k,k'}^2 = C' \sum_{i=1}^I \left(\frac{x_{ik}}{I_k} - \frac{x_{ik'}}{I_{k'}} \right)^2$$



REPRÉSENTATION PLANE DU NUAGE DES MODALITÉS ACTIVES

Il est possible d'affiner ces résultats en accédant aux valeurs numériques des contributions des variables ainsi que de leurs modalités pour chacune des dimensions. Le tableau ci-dessous fournit une description des deux premières dimensions de l'ACM par les variables et les modalités.

Dimension 1 - Tri des variables			Dimension 2 - Tri des variables		
Variables	R2	p- value	Variables	R2	p-value
REV	0,551	4,20e-52	REV	0,559	2,60e-53
PROJ	0,443	4,04e-38	TN	0,438	1,88e-37
UT	0,412	7,24e-37	LABEL	0,189	1,17e-13
LABEL	0,204	7,30e-15	PROJ	0,146	2,44e-10
TN	0,201	1,18e-14	UT	0,060	1,09e-05
TUIC	0,125	1,70e-09	FORM	0,040	1,13e-04
FORM	0,034	1,12e-03	TUIC	0,030	3,70e-03
Dimension 1 - Tri des modalités			Dimension 2 - Tri des modalités		
Modalités	Estimation	p- value	Modalités	Estimation	p-value
REV_1	0,635	1,49e-48	REV_4	0,557	2,09e-39
PROJ_4	0,787	1,13e-39	TN_4	0,464	1,02e-22
UT_NON	0,438	4,84e-35	LABEL_4	0,429	1,34e-16
LABEL_4	0,467	1,40e-15	PROJ_1	0,181	7,65e-07
TUIC_NON	0,414	7,76e-11	UT_OUI	0,134	8,20e-05
TN_4	0,289	8,11e-07	TUIC_NON	0,210	1,72e-04
TN_1	0,198	1,02e-06	0-2 ans	0,329	2,34e-04
+ 15 ans	0,280	1,38e-06	PROJ_4	0,173	1,16e-03
FORM_OUI	0,078	1,00e-02	FORM_OUI	0,07	3,34e-03
FORM_NON	-0,078	1,00e-02	REV_3	0,08	4,91e-03
0-2 ans	-0,273	8,05e-03	LABEL_3	-0,09	1,80e-02
TN_3	-0,202	4,98e-04	FORM_NON	-0,07	3,34e-03
LABEL_2	-0,152	3,51e-04	LABEL_2	-0,141	1,90e-04
REV_4	-0,153	2,79e-04	UT_NON	-0,134	8,20e-05
PROJ_3	-0,210	2,96e-05	TUIC_OUI, fréquemment	-0,152	4,79e-05
TUIC_OUI rarement	-0,219	1,27e-05	LABEL_1	-0,196	1,49e-06
TUIC_OUI, fréquemment	-0,195	2,98e-06	6-10 ans	-0,292	6,76e-08

MODALITÉS

Les variables sont triées dans le tableau de la plus caractérisante à la moins caractérisante. Les modalités de l'ensemble des variables, quant à elles, sont triées de la plus caractérisante à la moins caractérisante lorsque que la modalité est sur-représentée et de la moins caractérisante à la plus caractérisante lorsque la modalité est sous-représentée dans la classe (la valeur-test est alors négative). On retrouve que le premier axe est surtout lié aux modalités REV_1, PROJ_4 et dans une moindre mesure UT_NON, les modalités R_4 et TN_4 contribuent, quant à elles, fortement à la création du deuxième axe.

Les variables sont triées dans le tableau de la plus caractérisante à la moins caractérisante. Les modalités de l'ensemble des variables, quant à elles, sont triées de la plus caractérisante à la moins caractérisante lorsque que la modalité est sur-représentée et de la moins caractérisante à la plus caractérisante lorsque la modalité est sous-représentée dans la classe (la valeur-test est alors négative). On retrouve que le premier axe est surtout lié aux modalités REV_1, PROJ_4 et dans une moindre mesure UT_NON, les modalités REV_4 et TN_4 contribuent, quant à elles, fortement à la création du deuxième axe.

Notons également que les variables FORM et UT ne possèdent que deux modalités. Elles permettent dans une certaine mesure d'explicitier le sens des axes : concernant par exemple le deuxième axe, la coordonnée de FORM_OUI est positive tandis que la coordonnée de FORM_NON est négative, ainsi les individus possédant une ordonnée positive auront tendance à ne pas avoir suivi de formation à l'outil.

Rappelons enfin, que, comme dans le cas des individus, il est possible d'interpréter la proximité entre modalités de deux variables. Deux cas sont à distinguer : les modalités REV_2 et PROJ_3, issues de deux variables différentes sont proches, ceci indique que beaucoup d'individus ayant répondu REV_2 (le TBI n'est plutôt pas vu comme un outil révolutionnaire) ont également répondu PROJ_3 (la plus-value du TBI par rapport à un dispositif de vidéo-projection n'est pas très marquée). La proximité entre les modalités TN_2 et TN_3 issues de la même variable TN indique, quant à elle, que ces individus prennent en général les mêmes modalités pour les autres variables, autrement dit, ces deux modalités regroupent des enseignants aux profils similaires.

Le premier axe du graphique oppose un profil d'enseignants (à droite) réfractaires à l'usage de l'outil et plus globalement à l'usage des TUIC en général dans leur enseignement, mettant en doute largement son utilité, à des enseignants (à gauche) qui ne s'interdisent *a priori* pas l'usage de l'outil. On trouve ici des utilisateurs des TUIC, qui demeurent partagés sur l'utilité de l'outil.

Le deuxième axe oppose principalement des enseignants enthousiastes quant à l'arrivée des TBI dans les classes aux réfractaires à son entrée dans l'enseignement.

L'analyse des deux axes factoriels dans le détail permet de compléter l'analyse. Le deuxième axe de l'ACM des modalités actives met en opposition, d'un côté, des enseignants ayant reçus une formation à l'outil (FORM_OUI) et pour lesquels le TBI est perçu comme un outil n'of-

frant que peu d'amélioration comparativement au vidéo-projecteur (PROJ_3, PROJ_4), et de l'autre, des enseignants qui pensent voir dans le TBI un outil dont les fonctionnalités supplantent celles qu'un simple dispositif de vidéo-projection (PROJ_1, PROJ_2) est susceptible d'offrir. Ils n'ont par ailleurs, pas suivi de formation spécifique (FORM_NON). Notons que ce dernier groupe n'a recours aux TUIC plutôt qu'occasionnellement. Ce premier constat questionne directement les effets potentiels d'une formation à l'outil sur les enseignants et plus largement la représentation que se font les enseignants de ce nouvel outil par rapport aux outils TUIC existants.

Afin d'investir ce dernier point, il est possible de compléter cette analyse multidimensionnelle par une analyse univariée afin de permettre de mieux caractériser les effets d'une telle formation. On s'intéresse ici à la description de la variable FORM ainsi qu'aux groupes d'individus définis par les modalités de cette variable. La principale question que nous posons est la suivante : les différentes modalités de FORM sont-elles particulièrement liées à d'autres variables/modalités du tableau de données ? En particulier, quelle liaison cette variable entretient-elle avec les modalités de la variable PROJ ?

La fonction *catdesc()* permet de voir si chacune des deux sous populations définies par la variable FORM peut être caractérisé par des variables qualitatives et des modalités du tableau de données. Pour évaluer le lien entre la variable FORM et les autres variables, un test du *Khi deux* est réalisé.

```
>res = catdesc(Q1, num.vae=2, proba=0.03)
```

```
>res$test.chi
```

<i>Résultats du test</i>		
	p-value	df
PROJ	0,0248	3

Il apparaît que la variable la plus liée à FORM est la variable PROJ. Plus précisément, la probabilité critique, *p.value*³, indique qu'une valeur du *Khi deux* aussi grande n'aurait qu'une probabilité de 2,5% d'être observée dans un échantillon de cette taille si la formation suivie par les enseignants n'avait pas d'incidence sur l'idée que se font ces derniers de la plus value potentielle du TBI sur un dispositif de vidéo-projection. Nous rejetons donc au seuil de 3% l'hypothèse d'indépendance et concluons qu'au vu de ces données l'existence d'un lien entre ces deux variables

La caractérisation de chaque modalité de la variable FORM par les modalités de la variable PROJ permet d'étudier et d'affiner la nature de cette liaison. Les modalités significativement liées aux modalités de la variable FORM sont données ci-dessous.

```
>res1=catdes(Q1[,c("FORM","PROJ")],num.var=1, proba=0.9)
```

```
>res1$category
```

3. L'intérêt de la probabilité critique est qu'elle fournit une indication quant à la "significativité" d'un écart.

Catégorie n°1 : FORM_NON					
	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p-value	v-test
PROJ_2	78,31	32,01	27,21	0,01	2,57
PROJ_1	65,54	47,78	48,52	0,80	0,24
PROJ_4	54,83	8,37	10,16	0,21	1,25
PROJ_3	55,81	11,82	14,09	0,15	1,42
Catégorie n°2 : FOM_OUI					
	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p-value	v-test
PROJ_3	44,18	18,62	14,09	0,15	1,42
PROJ_4	45,16	13,72	10,16	0,21	1,25
PROJ_1	34,45	50	48,52	0,80	0,24
PROJ_2	21,68	17,64	27,21	0,01	2,57

Dans le tableau ci-dessus⁴, pour chaque modalité de la variable FORM, l'ensemble des modalités caractérisantes de la variable PROJ sont triées par probabilité critique croissante. Les modalités PROJ_2 et PROJ_1 sont sur-représentées parmi les enseignants n'ayant pas suivi de formation, contrairement aux modalités PROJ_3 et PROJ_4 qui sont sous-représentées ($v\text{-test} < 0$). Ainsi, ce qui caractérise le plus les enseignants n'ayant pas suivis de formation est qu'ils pensent que la plus-value d'un TBI sur un vidéo-projecteur est réelle, en revanche, les enseignants ayant suivis une formation à l'outil s'accordent globalement sur le fait que cette plus-value n'est pas manifeste. Plus précisément, la première ligne du tableau indique par exemple que 78% des enseignants qui ont répondu PROJ_2 n'ont pas suivi de formation, 32% des enseignants n'ayant pas suivis de formation ont répondu PROJ_2, et qu'au total 27% des enseignants ont répondu PROJ_2.

Remarque : en groupant les modalités de PROJ en deux sous populations (PROJ_1 et PROJ_2 d'une part, PROJ_3 et PROJ_4 d'autre part) l'étude précédente fournit les résultats suivants :

```
> levels(Q1$PROJ)[3]<-levels(Q1$PROJ)[4]
> levels(Q1$PROJ)[2]<-levels(Q1$PROJ)[1]
> res3=catdes(Q1[,c("FORM", "PROJ")], num.var=1, proba=0.05)
> res3$category
```

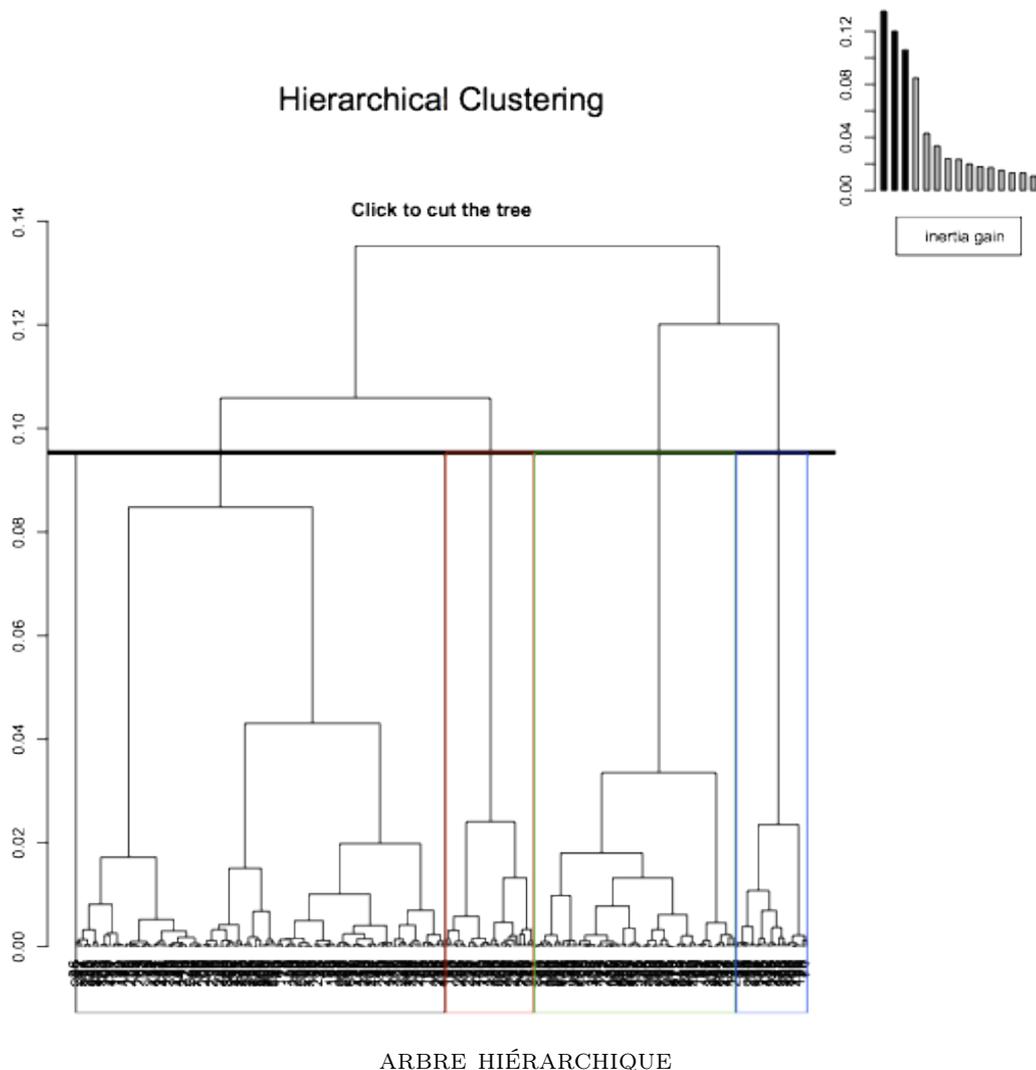
Catégorie n°1 : FORM_NON					
	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p-value	v-test
PROJ_1/2	70,12	79,80	75,73	0,03	2,17
PROJ_3/4	55,40	20,19	24,26	0,03	-02,17

4. Cla/Mod correspond au pourcentage d'individus possédant la modalité qui appartiennent à la classe, Mod/Cla correspond au pourcentage des individus de la classe qui prennent la modalité. Global indique le pourcentage global des individus qui prennent la modalité. P-value peut être vu comme la significativité de la différence entre les proportions Mod/Cla et Global.

Catégorie n°2 : FOM_OUI					
	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p-value	v-test
PROJ_3/4	44,59	32,35	24,26	0,03	2,17
PROJ_1/2	29,87	67,64	75,73	0,03	2,17

Classification hiérarchique et ACM

Analyse hiérarchique et analyse des correspondances multiples s'inscrivent dans une même perspective. Ces deux approches opèrent sur le même jeu de données (un tableau individus x variables) et utilisent la même distance euclidienne entre individus. L'idée de combiner ces deux approches permet ainsi d'obtenir une méthodologie riche.

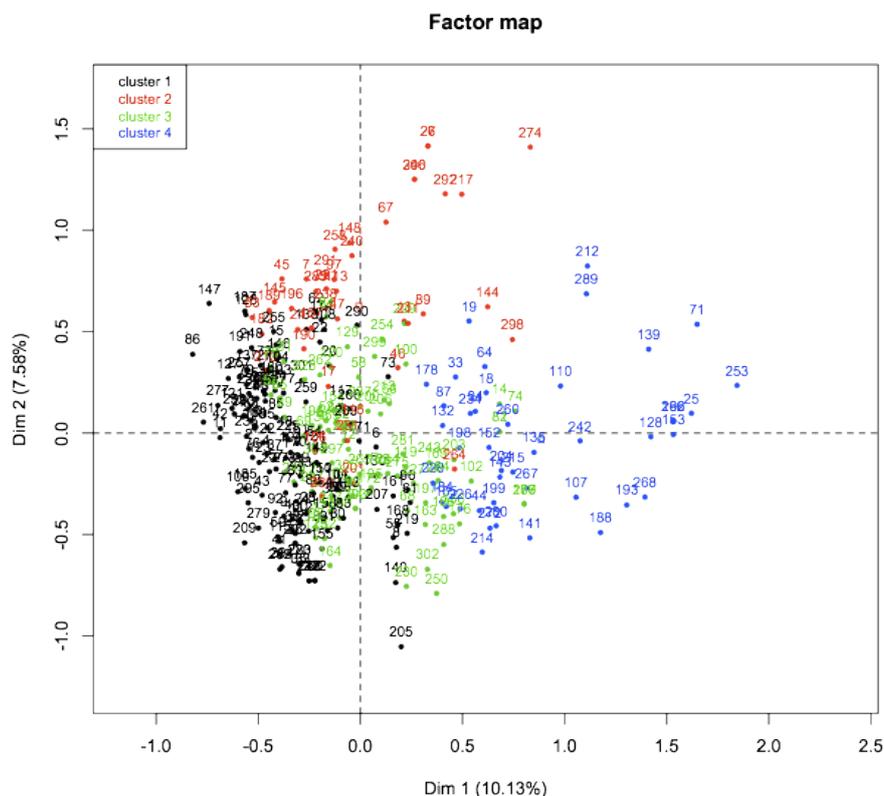


L'arbre hiérarchique constitue un mode intuitif de la représentation des parentés (ressemblances, corrélations) d'un ensemble d'objets. La lecture d'un tel arbre est intuitive : deux

objets représentés sont d'autant plus ressemblants que, pour aller de l'un à l'autre, il n'est pas nécessaire de monter haut dans l'arbre. L'objectif de l'arbre est de donner une visualisation de la variabilité des données (ou selon l'autre point de vue, de la ressemblance entre les individus). Dans cette perspective, le dernier noeud de la hiérarchie répond à la question : s'il fallait résumer la variabilité en une partition des individus en deux classes, quelle serait cette partition ?

Le niveau d'un noeud, vu de façon descendante, quantifie ce que l'on gagne (en inertie inter-classes ou en diminution d'inertie intra-classe) en séparant les deux classes qu'il regroupe. Une hiérarchie est donc particulièrement utile pour raisonner le choix d'une partition (c'est même son principal intérêt). En pratique, il s'agit de prendre en compte l'allure général de l'arbre qui suggère une partition, les niveaux des noeuds qui permet de quantifier cette partition, le nombre de classes (un nombre trop élevé de classes perd l'intérêt synthétique de l'étude) et l'interprétabilité des classes.

Dans le cas de notre étude, l'allure de l'arbre hiérarchique, (16 premiers axes considérés, 88% de l'inertie totale de même que le diagramme des inerties associées aux noeuds, suggère une partition en quatre classes. Il est possible de colorier les individus sur le premier plan factoriel en fonction de la classe à laquelle ils appartiennent.



REPRÉSENTATION DE LA PARTITION SUR LE PLAN FACTORIEL

Pour décrire les caractéristiques des individus de chacune des classes, autrement dit, leur profil, il est dès lors possible d'utiliser la description numérique des classes par les variables,

par les axes et par les modalités.

<i>Description des classes par les variables - Test du Khi deux</i>		
	p-value	df
REV	1,834e-54	9
LABEL	5,814e-45	9
PROJ	2,347e-36	9
TN	8,651e-24	9
UT	8,298e-20	3
FORM	3,297e-05	3
TUIC	2,708e-03	6

Description des classes par les modalités - catégorie (extrait)											
Classe 1	Cla/Mod	Mod/Cal	Global	p-value	v-test	Classe 3	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p-value	v-test
LABEL_3	79,5	46,9	28,8	7,2e-12	6,8	LABEL_1	79,0	86,4	26,5	1,4e-38	12,9
PROJ_2	78,3	43,6	27,2	3,17	6,2	PROJ_1	43,2	86,4	48,5	1,8e-14	7,6
REV_2	70,4	49,6	34,4	6,4e-08	5,4	TN_1	36,6	86,4	49,1	9,2e-07	4,9
UT_OUI	54,6	94,6	84,5	2,0e-06	4,7	FORM_OUI	37,2	51,3	33,4	3,8e-04	3,5
TN_2	69,6	36,9	25,9	2,7e-05	4,1	LABEL_4	5,8	2,7	11,14	7,49e-03	2,6
Classe 2	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p-value	v-test	Classe 4	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p-value	v-test
REV_4	75,0	72,9	11,8	1,4e-22	9,7	REV_1	54,1	86,6	23,6	8,6e-23	9,8
TN_4	61,7	56,7	11,1	8,0e-14	7,4	PROJ_4	80,6	55,5	10,1	1,0e-18	8,8
PROJ_1	16,8	67,5	48,5	2,0e-02	2,3	UT_NON	59,5	62,2	15,4	1,3e-15	7,9
UT_OUI	13,9	97,2	84,5	2,3e-02	2,2	LABEL_4	47,0	35,5	11,1	2,5e-06	4,7
LABEL_4	26,4	24,3	11,1	2,3e-02	2,2	TUIC_NON	34,4	22,2	9,5	8,4e-03	2,6

Les variables REV, LABEL et PROJ sont celles qui caractérisent le mieux la partition en quatre classes (probabilités les plus faibles du tableau).

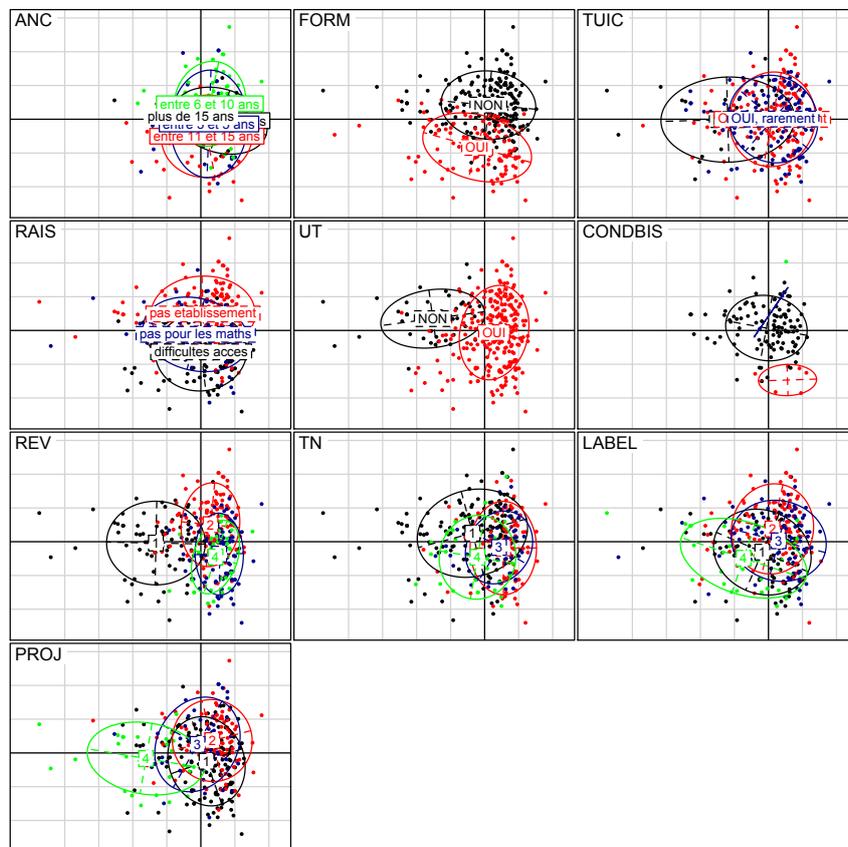
Il est également possible d'illustrer cette classe par des individus particuliers. Deux sortes d'individus peuvent être exhibés : d'une part les parangons, c'est à dire ceux les plus proches du centre de la classe, d'autre part, les individus spécifiques, c'est à dire ceux les plus éloignés des centres des autres classes.

res.hcpc\$desc.ind

Parangons						Individus spécifiques					
Classe 1	54	63	111	150	78	Classe 1	9	216	86	11	109
	0,255	0,332	0,332	0,332	0,338		1,733	1,609	1,605	1,605	1,581
Classe 2	7	45	148	291	182	Classe 2	67	246	300	26	27
	0,359	0,368	0,532	0,533	0,534		1,891	1,891	1,891	1,855	1,855
Classe 3	16	180	206	21	72	Classe 3	250	302	81	82	167
	0,268	0,268	0,320	0,347	0,347		1,545	1,326	1,318	1,318	1,278
Classe 4	242	44	152	188	143	Classe 4	71	253	25	166	192
	0,281	0,427	0,508	0,520	0,585		2,276	2,208	2,017	1,948	1,948

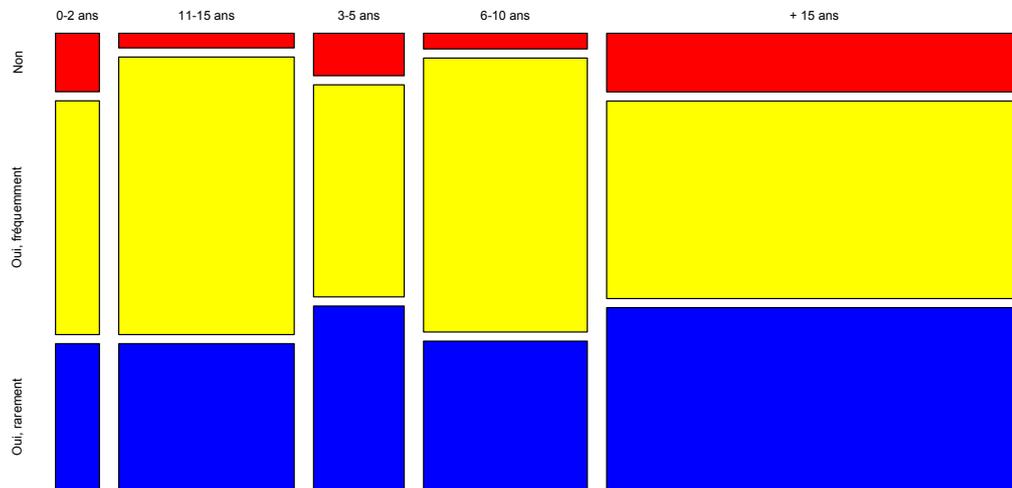
La première ligne du tableau ci-dessus indique les cinq individus les plus proches du centre de la classe ainsi que la distance entre cinq individus et le centre de la classe la plus proche. Ainsi, l'individu 242 représente au mieux les individus de la classe 4. L'individu 71 est quant à lui, spécifique de cette classe, car le plus éloigné des centres des autres classes. Cet individu peut donc être considéré comme le plus particulier de la classe.

INDIVIDUS VARIABLE PAR VARIABLE ET ELLIPSES DE CONFIANCE DES MODALITÉS

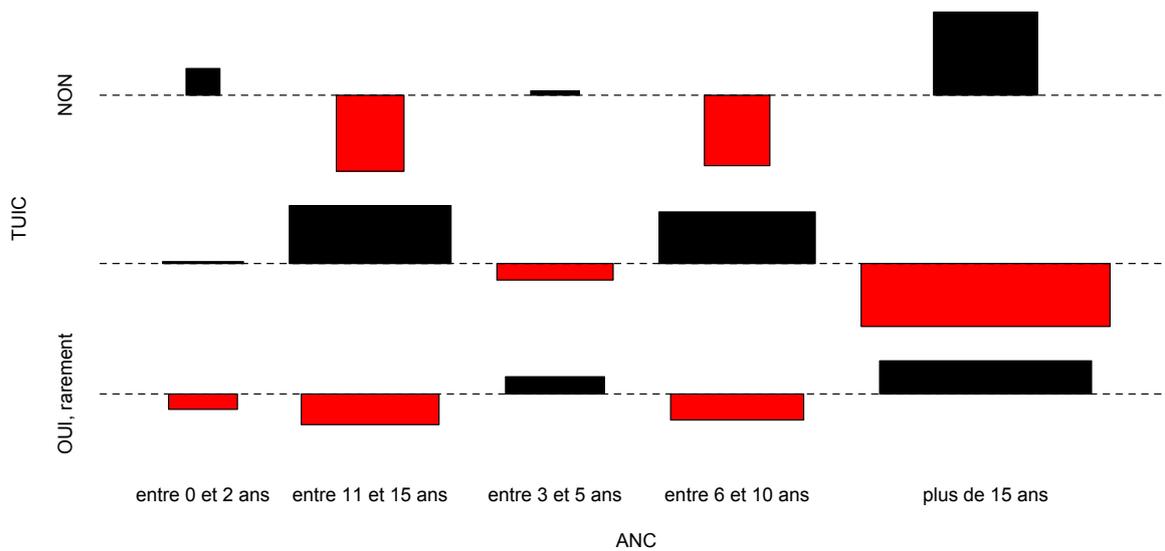


Sur ce graphique est résumé, variable par variable, la modalité prise par chaque individu avec un code couleur. Des ellipses résumant la dispersion des points permettent de visualiser si deux modalités sont significativement différentes ou non.

DIAGRAMME EN BANDES DE LA VARIABLE TUIC (À TRAVERS SES MODALITÉS) EN FONCTION DE LA VARIABLE ANC



AUTRE REPRÉSENTATION DE TUIC ET ANC PERMETTANT DE VISUALISER LES SURREPRÉSENTATIONS DANS LA POPULATION ÉTUDIÉE



DESCRIPTION DES DEUX PREMIÈRES DIMENSIONS PAR LES VARIABLES ET LES MODALITÉS

```

$`Dim 1`
$`Dim 1`$quali
      R2      p.value
REV  0.55136686 4.205655e-52
PROJ 0.44395204 4.047144e-38
UT    0.41246152 7.247123e-37
LABEL 0.20432327 7.308145e-15
TN    0.20174007 1.183003e-14
TUIC  0.12502329 1.743694e-09
FORM  0.03448195 1.121778e-03

$`Dim 1`$category
      Estimate      p.value
REV_1      0.6842322 4.397946e-51
PROJ_4      0.8601678 1.433089e-43
UT_NON      0.4722323 7.247123e-37
LABEL_4      0.4964580 1.343402e-15
TUIC_NON     0.4250401 2.691745e-10
TN_1         0.2079776 1.494011e-06
TN_4         0.2872301 4.076151e-06
FORM_OUI     0.1044890 1.121778e-03
FORM_NON     -0.1044890 1.121778e-03
TN_3         -0.2074301 7.977496e-04
LABEL_2      -0.1824832 5.957675e-05
PROJ_3       -0.2073715 5.799454e-05
REV_4        -0.1824164 3.482939e-05
TUIC_OUI, frequemment -0.1825311 3.456742e-05
TUIC_OUI, rarement   -0.2425090 5.208964e-06
TN_2         -0.2877775 1.845465e-08
REV_2        -0.1971775 8.511206e-09
LABEL_3      -0.3129199 1.062737e-10
PROJ_1       -0.2716657 3.547363e-13
REV_3        -0.3046383 9.598103e-17
PROJ_2       -0.3811306 4.036299e-18
UT_OUI       -0.4722323 7.247123e-37

$`Dim 2`
$`Dim 2`$quali
      R2      p.value
REV  0.55957834 2.627801e-53
TN    0.43822279 1.880947e-37
LABEL 0.18930569 1.174616e-13
PROJ  0.14638562 2.443831e-10
UT    0.06192180 1.095861e-05
FORM  0.04807437 1.131347e-04
TUIC  0.03638637 3.709734e-03

$`Dim 2`$category
      Estimate      p.value
REV_4      0.6378573 2.229807e-46
TN_4       0.5576832 2.522001e-29
LABEL_4    0.4767404 3.619516e-18
PROJ_1     0.1912098 1.013454e-06
UT_OUI     0.1584515 1.095861e-05
FORM_OUI   0.1068420 1.131347e-04
TUIC_NON   0.1887961 1.549330e-03
PROJ_4     0.1689128 2.939911e-03
TUIC_OUI, frequemment -0.1202562 2.509256e-03
LABEL_3    -0.1505533 2.717739e-04
FORM_NON   -0.1068420 1.131347e-04
LABEL_2    -0.1553977 9.094631e-05
LABEL_1    -0.1707894 5.848846e-05
UT_NON     -0.1584515 1.095861e-05
PROJ_3     -0.2738053 8.887695e-07
REV_1      -0.2429006 3.753028e-13
TN_1       -0.4157312 7.731093e-33
REV_2      -0.4506334 2.633899e-41

```

SORTIE R DE LA FONCTION CATDES APPLIQUÉE À LA PARTITION EN QUATRE CLASSES

```

> res.hcpc<-HCPC(res)
> res.hcpc$desc.var$test.chi2
      p.value df
REV  1.834005e-54 9
LABEL 5.814192e-45 9
PROJ  2.347301e-36 9
TN    8.651261e-24 9
UT    8.298101e-20 3
FORM  3.297162e-05 3
TUIC  2.708375e-03 6
> res.hcpc$desc.var$category
$`1`
      Cla/Mod  Mod/Cla  Global  p.value  v.test
LABEL=LABEL_3 79.545455 46.979866 28.852459 7.212135e-12 6.853388
PROJ=PROJ_2   78.313253 43.624161 27.213115 3.173446e-10 6.290059
REV=REV_2     70.476190 49.664430 34.426230 6.441274e-08 5.406098
UT=UT_OUI    54.651163 94.630872 84.590164 2.057490e-06 4.747694
TN=TN_2      69.620253 36.912752 25.901639 2.741403e-05 4.193948
FORM=FORM_NON 57.142857 77.852349 66.557377 6.487243e-05 3.994348
LABEL=LABEL_2 64.705882 44.295302 33.442623 1.323945e-04 3.821961
REV=REV_3    63.043478 38.926174 30.163934 1.668282e-03 3.143697
TN=TN_3      64.285714 18.120805 13.770492 4.608891e-02 1.994578
LABEL=LABEL_4 20.588235  4.697987 11.147541 6.718676e-04 -3.400809
TUIC=TUIC_NON 17.241379  3.355705  9.508197 4.699472e-04 -3.497326
PROJ=PROJ_1  37.162162 36.912752 48.524590 1.105522e-04 -3.866183
FORM=FORM_OUI 32.352941 22.147651 33.442623 6.487243e-05 -3.994348
REV=REV_4    13.888889  3.355705 11.803279 7.451982e-06 -4.480353
PROJ=PROJ_4   9.677419  2.013423 10.163934 2.906561e-06 -4.677315
UT=UT_NON    17.021277  5.369128 15.409836 2.057490e-06 -4.747694
TN=TN_4       2.941176  0.671141 11.147541 1.474486e-09 -6.047130
REV=REV_1    16.666667  8.053691 23.606557 2.518921e-10 -6.325819
LABEL=LABEL_1  7.407407  4.026846 26.557377 6.192156e-20 -9.140923

$`2`
      Cla/Mod  Mod/Cla  Global  p.value  v.test
REV=REV_4    75.000000 72.972973 11.80328 1.421295e-22 9.776434
TN=TN_4      61.764706 56.756757 11.14754 8.014018e-14 7.470090
PROJ=PROJ_1  16.891892 67.567568 48.52459 2.094881e-02 2.308906
UT=UT_OUI    13.953488 97.297297 84.59016 2.336384e-02 2.267432
LABEL=LABEL_4 26.470588 24.324324 11.14754 2.388978e-02 2.258897
PROJ=PROJ_3   2.325581  2.702703 14.09836 3.924574e-02 -2.061601
UT=UT_NON    2.127660  2.702703 15.40984 2.336384e-02 -2.267432
REV=REV_2    3.809524 10.810811 34.42623 1.139566e-03 -3.253590
REV=REV_1    0.000000  0.000000 23.60656 4.476080e-05 -4.081423
TN=TN_1      2.000000  8.108108 49.18033 3.830763e-08 -5.498481

$`3`
      Cla/Mod  Mod/Cla  Global  p.value  v.test
LABEL=LABEL_1 79.012346 86.486486 26.55738 1.410018e-38 12.989140
PROJ=PROJ_1   43.243243 86.486486 48.52459 1.888609e-14 7.657993
TN=TN_1       36.666667 74.324324 49.18033 9.228567e-07 4.907413
FORM=FORM_OUI 37.254902 51.351351 33.44262 3.867000e-04 3.548998
LABEL=LABEL_4  5.882353  2.702703 11.14754 7.497163e-03 -2.673914
TN=TN_2      11.392405 12.162162 25.90164 2.006511e-03 -3.089267
FORM=FORM_NON 17.733990 48.648649 66.55738 3.867000e-04 -3.548998
PROJ=PROJ_4   0.000000  0.000000 10.16393 2.136028e-04 -3.702361
LABEL=LABEL_2  7.843137 10.810811 33.44262 9.514856e-07 -4.901416
PROJ=PROJ_2   1.204819  1.351351 27.21311 8.487200e-11 -6.491702
LABEL=LABEL_3  0.000000  0.000000 28.85246 2.587169e-13 -7.314305

```

```

$`4`
      Cla/Mod  Mod/Cla  Global  p.value  v.test
REV=REV_1    54.166667 86.666667 23.606557 8.627880e-23 9.826846
PROJ=PROJ_4  80.645161 55.555556 10.163934 1.010032e-18 8.833994
UT=UT_NON    59.574468 62.222222 15.409836 1.397392e-15 7.985689
LABEL=LABEL_4 47.058824 35.555556 11.147541 2.538441e-06 4.705018
TUIC=TUIC_NON 34.482759 22.222222 9.508197 8.486605e-03 2.632071
TN=TN_2      7.594937 13.333333 25.901639 4.836603e-02 -1.974138
LABEL=LABEL_1 7.407407 13.333333 26.557377 3.797687e-02 -2.075104
REV=REV_4    0.000000 0.000000 11.803279 4.320550e-03 -2.853757
REV=REV_2    4.761905 11.111111 34.426230 2.843478e-04 -3.629157
REV=REV_3    1.086957 2.222222 30.163934 9.974299e-07 -4.892145
PROJ=PROJ_1  2.702703 8.888889 48.524590 2.512177e-09 -5.960662
UT=UT_OUI    6.589147 37.777778 84.590164 1.397392e-15 -7.985689

> res.hcpc$desc.axe
$quanti
$quanti$`1`
      v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd
Dim.3 7.767875 0.20132914 1.675519e-17 0.2675200 0.4416437
Dim.5 -2.685626 -0.06411062 -9.594745e-17 0.3978638 0.4067731
Dim.2 -5.835182 -0.15745276 -1.224713e-17 0.3342573 0.4597942
Dim.1 -9.827136 -0.30620499 -3.311829e-17 0.2414157 0.5309491
      p.value
Dim.3 7.981408e-15
Dim.5 7.239417e-03
Dim.2 5.373183e-09
Dim.1 8.603062e-23

$quanti$`2`
      v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd
Dim.2 11.244741 0.7980731 -1.224713e-17 0.4357771 0.4597942
Dim.5 7.392280 0.4641521 -9.594745e-17 0.3759009 0.4067731
Dim.4 -2.038825 -0.1308334 5.298283e-18 0.3298995 0.4157278
      p.value
Dim.2 2.458179e-29
Dim.5 1.443327e-13
Dim.4 4.146754e-02

$quanti$`3`
      v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd
Dim.3 -13.90981 -0.6225102 1.675519e-17 0.2023933 0.4416437
      p.value
Dim.3 5.522945e-44

$quanti$`4`
      v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd
Dim.1 13.051872 0.9553651 -3.311829e-17 0.4654551 0.5309491
Dim.3 4.634056 0.2821480 1.675519e-17 0.3037519 0.4416437
Dim.4 2.529449 0.1449702 5.298283e-18 0.4683439 0.4157278
Dim.5 -2.090785 -0.1172480 -9.594745e-17 0.3307277 0.4067731
      p.value
Dim.1 6.200507e-39
Dim.3 3.585696e-06
Dim.4 1.142418e-02
Dim.5 3.654730e-02

```

Questionnaire non-utilisateurs

EXTRAIT DES COMMANDES R RELATIVES AU TRAITEMENT DU QUESTIONNAIRE

```
Q2.MCA<-Q2[,c("FREQ", "DISP", "PERI", "NOMBRE", "GEOMETRIE", "GM", "GD",
"TRAVAIL", "INTRO", "COURS", "EXO", "MANIP", "ANC", "TBI", "UT", "ETA",
"NBTBI", "INFO", "FONCT", "SANS")] res<-MCA(Q2.MCA, ncp=5, quali.sup=13 : 20,
graph = FALSE)
res.hcpc<-HCPC(res ,nb.clust=0,consol=FALSE,min=3,max=10,graph=TRUE)
plot.MCA(res, axes=c(1, 2), col.ind="black", col.ind.sup="blue", col.var="darkred", col.quali.sup="darkgreen",
label=c("ind", "ind.sup", "quali.sup", "var", "quanti.sup"), invisible=c(""))
plot.MCA(res, axes=c(1, 2), choix="var", col.var="darkred", col.quali.sup="darkgreen",
label=c("var", "quali.sup"), invisible=c(""))
plot.MCA(res, axes=c(1, 2), choix="quanti.sup", col.quanti.sup="blue", label=c("quanti.sup"))
res.hcpc$category
res.hcpc$data.clust
showData(Q2, placement='-20+200', font=getRcmdr('logFont'), maxwidth=80, maxheight=30)
fix(Q2)
showData(Q2, placement='-20+200', font=getRcmdr('logFont'), maxwidth=80, maxheight=30)
```

EXTRAIT DE LA DESCRIPTION DE LA PREMIÈRE DIMENSION PAR LES VARIABLES

```
> lapply(dimdesc(res),lapply,round,4)
$`Dim 1`
$`Dim 1`$quali
      R2 p.value
FREQ   0.6750 0.0000
DISP   0.4651 0.0000
FONCT  0.3509 0.0000
SANS   0.2842 0.0000
NOMBRE 0.2883 0.0000
UT     0.2645 0.0000
PERI   0.1863 0.0000
COURS  0.1996 0.0000
GD     0.1636 0.0000
EXO    0.1709 0.0000
GM     0.1236 0.0000
ETA    0.1029 0.0000
ANC    0.1129 0.0001
NBTBI  0.0939 0.0002
GEOMETRIE 0.0674 0.0026
INTRO  0.0680 0.0062
```

EXTRAIT DE LA DESCRIPTION DE LA PREMIÈRE DIMENSION PAR LES MODALITÉS

\$`Dim 1`\$category	Estimate	p.value
-de2fois	0.4803	0.0000
DISP_NON	0.6447	0.0000
SANS_OUI	0.3642	0.0000
-de1	0.3963	0.0000
NOMBRE_1	0.4254	0.0000
FONCT_2	0.5842	0.0000
3/5fois	0.2401	0.0000
PERI_NON	0.3471	0.0000
COURS_1	0.6867	0.0000
1tbi	0.2586	0.0000
GM_1	0.5126	0.0000
lycee	0.2217	0.0002
GD_2	0.3161	0.0011
3--5	0.2919	0.0019
EXO_1	0.3770	0.0175
FONCT_3	0.1383	0.0318
GEOMETRIE_1	0.5162	0.0366
2--4	-0.1174	0.0386
college	-0.1099	0.0359
EXO_4	-0.1325	0.0341
INTRO_5	-0.3944	0.0169
+15	-0.1409	0.0141
individuel+binome+groupe	-0.1968	0.0093
GEOMETRIE_4	-0.3489	0.0086
+8tbi	-0.1945	0.0066
GM_3	-0.1634	0.0036
COURS_4	-0.1681	0.0024
GD_3	-0.2072	0.0010
PERI_Oui Plusieurs	-0.3452	0.0002
11--15	-0.2474	0.0001
NOMBRE_4	-0.2596	0.0000
+4	-0.3750	0.0000
GM_4	-0.3313	0.0000

EXTRAIT DE LA DESCRIPTION DE LA SECONDE DIMENSION PAR LES VARIABLES

\$`Dim 2`\$quali	R2	p.value
NBTBI	0.3083	0.0000
ETA	0.2518	0.0000
DISP	0.2492	0.0000
INFO	0.2307	0.0000
UT	0.2271	0.0000
ANC	0.2333	0.0000
FREQ	0.1990	0.0000
PERI	0.1619	0.0000
NOMBRE	0.1004	0.0001
GEOMETRIE	0.0675	0.0025
COURS	0.0736	0.0036
FONCT	0.0454	0.0234

EXTRAIT DE LA DESCRIPTION DE LA SECONDE DIMENSION PAR LES MODALITÉS

\$`Dim 2`\$category	Estimate	p.value
Oui+Usage	0.3644	0.0000
1tbi	0.2787	0.0000
0--2	0.5549	0.0000
-de2fois	0.2732	0.0000
college	0.2335	0.0000
-de1	0.2199	0.0000
DISP_TBIseul	0.2810	0.0000
GEOMETRIE_3	0.3529	0.0002
PERI_Oui Plusieurs	0.3092	0.0003
+8tbi	0.1640	0.0034
NOMBRE_3	0.1190	0.0081
FONCT_3	0.1786	0.0106
GEOMETRIE_4	0.2668	0.0242
COURS_2	0.1490	0.0312
2/4tbi	-0.0745	0.0484
Oui+Nonusage	-0.1558	0.0138
COURS_4	-0.1405	0.0081
GEOMETRIE_1	-0.6058	0.0062
FONCT_2	-0.2675	0.0043
NOMBRE_1	-0.2528	0.0000
lycee	-0.2335	0.0000
Non	-0.2086	0.0000
3/5fois	-0.2759	0.0000
1--2	-0.2605	0.0000
PERI_NON	-0.2939	0.0000
+15	-0.3298	0.0000
DISP_OUI+TN	-0.3587	0.0000
4/8tbi	-0.3682	0.0000

EXEMPLE DE SORTIE DE LA FONCTION CATDES POUR UNE VARIABLE DONNÉE

```

$category
$category$`1`
      Cla/Mod Mod/Cla      Global      p.value      v.test
INTRO=3      12      60 12.0192308 0.02631481 2.221534
INTRO=1     100      20  0.4807692 0.04807692 1.976688

$category$`2`
      Cla/Mod Mod/Cla      Global      p.value      v.test
TBI=NON 9.589041      70 35.09615 0.04704116 1.985929
TBI=OUI 2.222222      30 64.90385 0.04704116 -1.985929

$category$`3`
      Cla/Mod      Mod/Cla      Global      p.value      v.test
GD=2      71.428571 20.408163  6.730769 0.0002220657 3.692494
SANS=OUI  39.655172 46.938776 27.884615 0.0017350361 3.132197
DISP=NON  41.304348 38.775510 22.115385 0.0036109257 2.910291
COURS=1   66.666667 12.244898  4.326923 0.0122792319 2.504016
FREQ=-de2fois 37.254902 38.775510 24.519231 0.0163732899 2.400487
ANC=3--5  47.058824 16.326531  8.173077 0.0468263269 1.987868
GEOMETRIE=4 20.000000 65.306122 76.923077 0.0487429316 -1.970833
NOMBRE=4   4.761905  2.040816 10.096154 0.0425722583 -2.027882
DISP=OUI+TN 18.831169 59.183673 74.038462 0.0136958332 -2.465144

$category$`4`
      Cla/Mod      Mod/Cla      Global      p.value      v.test
COURS=4      55.88235 43.67816 32.692308 0.0067823697 2.707345
INTRO=4      51.80723 49.42529 39.903846 0.0255872883 2.232419
FREQ=3/5fois 59.45946 25.28736 17.788462 0.0276232584 2.202596
GM=4         25.00000 10.34483 17.307692 0.0357039792 -2.100283
FREQ=pratiquement 26.92308 16.09195 25.000000 0.0170311667 -2.386034
COURS=1      0.00000  0.00000  4.326923 0.0134088699 -2.472721
COURS=5      21.56863 12.64368 24.519231 0.0009898409 -3.293398

```

EXEMPLE DE SORTIE DE LA FONCTION CATDES POUR UNE CLASSE D'INDIVIDUS

```

$`5`
      Cla/Mod      Mod/Cla      Global      p.value      v.test
DISP=DISP_NON 69.565217 91.428571 22.115385 5.322979e-23 9.875382
FREQ=-de2fois 60.784314 88.571429 24.519231 6.076224e-19 8.890632
NBTBI=1tbi    48.936170 65.714286 22.596154 2.305198e-09 5.974696
UT=-de1       37.142857 74.285714 33.653846 1.523732e-07 5.249668
SANS=SANS_OUI 39.655172 65.714286 27.884615 5.477576e-07 5.008781
GD=GD_2       57.142857 22.857143  6.730769 8.610325e-04 3.332391
INFO=Oui+Usage 40.000000 34.285714 14.423077 1.715733e-03 3.135480
EXO=EXO_3     32.653061 45.714286 23.557692 2.544142e-03 3.018041
ANC=0--2      54.545455 17.142857  5.288462 7.425168e-03 2.677149
COURS=COURS_1 55.555556 14.285714  4.326923 1.564536e-02 2.417085
FONCT=FONCT_3 34.615385 25.714286 12.500000 2.955769e-02 2.175968
UT=2--4       8.196721 14.285714 29.326923 4.417423e-02 -2.012434
NBTBI=4/8tbi  6.250000  8.571429 23.076923 3.297133e-02 -2.132432
INFO=Non      13.125000 60.000000 76.923077 2.155369e-02 -2.298142
NBTBI=2/4tbi  9.195402 22.857143 41.826923 1.838256e-02 -2.357821
FONCT=FONCT_5 6.557377 11.428571 29.326923 1.328810e-02 -2.475953
UT=1--2       6.250000 11.428571 30.769231 7.749253e-03 -2.662804
ANC=+15       6.944444 14.285714 34.615385 6.961729e-03 -2.698669
EXO=EXO_5     5.263158  8.571429 27.403846 6.658999e-03 -2.713433
COURS=COURS_4 5.882353 11.428571 32.692308 3.635482e-03 -2.908172
SANS=SANS_NON 1.960784  2.857143 24.519231 5.643933e-04 -3.448173
FREQ=pratiquement 1.923077  2.857143 25.000000 4.500473e-04 -3.508851
FREQ=systematiquement 0.000000  0.000000 32.692308 3.813208e-07 -5.078054
DISP=DISP_OUI+TN 1.948052  8.571429 74.038462 1.494188e-19 -9.045180

```

EXTRAIT DES INDIVIDUS PARANGONS

\$para

cluster: 1

60	127	171	11	19
0.1527704	0.1955739	0.2048338	0.2611259	0.2697712

cluster: 2

45	37	173	147	48
0.3092913	0.3925171	0.5073091	0.5135030	0.5276448

cluster: 3

133	135	138	95	73
0.2367845	0.2649945	0.2826870	0.2835774	0.3177682

cluster: 4

80	163	196	114	5
0.3872132	0.4502603	0.5616085	0.6582772	0.7659094

cluster: 5

122	96	185	57	34
0.2788358	0.3759498	0.3962304	0.4071639	0.4215040

Annexe F

Les questionnaires en ligne

Questionnaire utilisateurs

QUESTION N° 1 : DEPUIS COMBIEN DE TEMPS ENSEIGNEZ-VOUS ?

Codage : ANC

Réponses possibles (5)

- * entre 0 et 2 ans,
- * entre 3 et 5 ans,
- * entre 6 et 10 ans,
- * entre 11 et 15 ans,
- * plus de 15 ans.

QUESTION N° 2 : AVEZ-VOUS PARTICIPÉ À UNE FORMATION TBI ?

Codage : FORM

Réponses possibles (2)

- * oui,
- * non.

QUESTION N° 3 : UTILISEZ-VOUS LES TICE DANS VOTRE ENSEIGNEMENT ?

Codage : TUIC

Réponses possibles (3)

- * fréquemment,
- * rarement,
- * non.

QUESTION N° 4 : POURQUOI N'UTILISEZ-VOUS PAS DE TBI DANS VOTRE ENSEIGNEMENT ?

Codage : RAIS

Réponses possibles (3)

- * il y en a dans mon établissement mais pas pour les Mathématiques,
- * les difficultés d'accès à l'outil (réservation salle,...) sont rédhibitoires,
- * il n'y en a pas dans mon établissement.

QUESTION N° 5 : SERIEZ-VOUS PRÊT À UTILISER LE TBI DANS VOTRE ENSEIGNEMENT ?

Codage : UT

Réponses possibles (2)

- * oui,
- * non.

QUESTION N° 6 : A QUELLES CONDITIONS SERIEZ-VOUS PRÊT À UTILISER LE TBI ?

Codage : COND

Réponse ouverte

QUESTION N° 7 : ON PEUT LIRE DANS DE NOMBREUX ARTICLES, DIFFÉRENTS AVIS SUR LE TBI. POURRIEZ-VOUS PRÉCISER VOTRE DE DEGRÉ D’AFFINITÉ AVEC CES DIFFÉRENTES PROPOSITIONS (1 CORRESPOND À UN DEGRÉ FAIBLE D’AFFINITÉ) [LE TBI, UNE RÉVOLUTION DANS LA SALLE DE CLASSE]

Codage : REV

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4.

QUESTION N° 8 : ON PEUT LIRE DANS DE NOMBREUX ARTICLES, DIFFÉRENTS AVIS SUR LE TBI. POURRIEZ-VOUS PRÉCISER VOTRE DE DEGRÉ D’AFFINITÉ AVEC CES DIFFÉRENTES PROPOSITIONS (1 CORRESPOND À UN DEGRÉ FAIBLE D’AFFINITÉ) [ADIEU LE TABLEAU NOIR]

Codage : TN

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4.

QUESTION N° 9 : ON PEUT LIRE DANS DE NOMBREUX ARTICLES, DIFFÉRENTS AVIS SUR LE TBI. POURRIEZ-VOUS PRÉCISER VOTRE DE DEGRÉ D’AFFINITÉ AVEC CES DIFFÉRENTES PROPOSITIONS (1 CORRESPOND À UN DEGRÉ FAIBLE D’AFFINITÉ) [LE TBI, UN OUTIL QUI PERMET DE CONTINUER À ENSEIGNER COMME AVANT AVEC UN LABEL TICE]

Codage : LABEL

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4.

QUESTION N° 10 : ON PEUT LIRE DANS DE NOMBREUX ARTICLES, DIFFÉRENTS AVIS SUR LE TBI. POURRIEZ-VOUS PRÉCISER VOTRE DE DEGRÉ D’AFFINITÉ AVEC CES DIFFÉRENTES PROPOSITIONS (1 CORRESPOND À UN DEGRÉ FAIBLE D’AFFINITÉ) [LE TBI, RIEN DE PLUS QUE LE BON VIEUX VIDÉO-PROJECTEUR]]

Codage : PROJ

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4.

Questionnaire utilisateurs

QUESTION N° 1 : DEPUIS COMBIEN DE TEMPS ENSEIGNEZ-VOUS ?

Codage : ANC

Réponses possibles (5)

- * entre 0 et 2 ans,
- * entre 3 et 5 ans,
- * entre 6 et 10 ans,
- * entre 11 et 15 ans,
- * plus de 15 ans.

QUESTION N° 2 : AVEZ-VOUS PARTICIPÉ À UNE FORMATION TBI ?

Codage : FORM

Réponses possibles (2)

- * oui,
- * non.

QUESTION N° 3 : DEPUIS QUAND UTILISEZ-VOUS LE TBI ?

Codage : UT

Réponses possibles (4)

- * moins de 1 an,
- * entre 1 et 2 ans,
- * entre 2 et 4 ans,
- * plus de 4 ans.

QUESTION N° 4 : QUELLE EST LA FRÉQUENCE D'UTILISATION DU TBI ?

Codage : FREQ

Réponses possibles (4)

- * systématiquement à chaque cours,
- * pratiquement à chaque cours,
- * entre 3 et 5 fois par semaine,
- * moins de 2 fois par semaine.

QUESTION N° 5 : DISPOSEZ-VOUS D'UN TBI DANS VOTRE SALLE DE CLASSE ?

Codage : DISP

Réponses possibles (3)

- * non,
- * oui, mais également un tableau traditionnel,
- * oui, uniquement un TBI.

QUESTION N° 6 : DANS QUEL TYPE D'ÉTABLISSEMENT ENSEIGNEZ-VOUS ?

Codage : ETA

Réponses possibles (3)

- * collège,
- * lycée,
- * lycée professionnel.

QUESTION N° 7 : QUEL EST LE NOMBRE DE TBI INSTALLÉS DANS VOTRE ÉTABLISSEMENT ?

Codage : NBTBI

Réponses possibles (4)

- * un seul TBI,
- * entre 2 et 4,
- * entre 4 et 8,
- * plus de 8.

QUESTION N° 8 : Y A-T-IL UNE SALLE INFORMATIQUE ÉQUIPÉE D'UN TBI DANS VOTRE ÉTABLISSEMENT ? L'UTILISEZ-VOUS ?

Codage : ETA

Réponses possibles (3)

- * non, il n'y a pas de salle informatique équipée d'un TBI,
- * oui, mais je n'utilise pas le TBI dans cette salle,
- * oui, et j'utilise le TBI dans cette salle.

QUESTION N° 9 : DISPOSEZ-VOUS DE PÉRIPHÉRIQUES SUPPLÉMENTAIRES INSTALLÉS AVEC LE TBI (WEBCAM, APPAREIL PHOTO, BOITIERS ÉLECTRONIQUES, TABLETTE GRAPHIQUE) ?

Codage : PERI

Réponses possibles (4)

- * non,
- * oui, un seul parmi ceux évoqués,
- * non, plusieurs parmi ceux évoqués,
- * précisez :

QUESTION N° 10 : LES FONCTIONNALITÉS OFFERTES PAR LE TBI VOUS PARAISSENT-ELLES SATISFAISANTES POUR UN USAGE EN MATHÉMATIQUES ?

Codage : PERI

Réponses possibles (5)

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4,
- * 5.

QUESTION N° 11 : POURRIEZ-VOUS CITER UNE FONCTIONNALITÉ MANQUANTE DU TBI ?

Codage : MANQ

Réponse ouverte

QUESTION N° 12 : DANS LES 4 DOMAINES SUIVANTES, INDIQUEZ LE DEGRÉ DE PERTINENCE (1 SIGNIFIE LE MOINS PERTINENT, 5 LE PLUS PERTINENT) D'UTILISATION DU TBI [NOMBRES ET CALCULS]

Codage : NOMBRE

Réponses possibles (5)

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4,
- * 5.

QUESTION N° 13 : DANS LES 4 DOMAINES SUIVANTES, INDIQUEZ LE DEGRÉ DE PERTINENCE (1 SIGNIFIE LE MOINS PERTINENT, 5 LE PLUS PERTINENT) D'UTILISATION DU TBI [GÉOMÉTRIE]

Codage : GEOMETRIE

Réponses possibles (5)

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4,
- * 5.

QUESTION N° 14 : DANS LES 4 DOMAINES SUIVANTES, INDIQUEZ LE DEGRÉ DE PERTINENCE (1 SIGNIFIE LE MOINS PERTINENT, 5 LE PLUS PERTINENT) D'UTILISATION DU TBI [GRANDEURS ET MESURES]

Codage : GM

Réponses possibles (5)

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4,
- * 5.

QUESTION N° 12 : DANS LES 4 DOMAINES SUIVANTES, INDIQUEZ LE DEGRÉ DE PERTINENCE (1 SIGNIFIE LE MOINS PERTINENT, 5 LE PLUS PERTINENT) D'UTILISATION DU TBI [GESTION DE DONNÉES]

Codage : GD

Réponses possibles (5)

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4,
- * 5.

QUESTION N° 16 : QUEL TYPE DE TRAVAIL PRIVILÉGIEZ-VOUS PENDANT LES SÉANCES TBI ?

Codage : TRAVAIL

Réponse ouverte

QUESTION N° 17 : DANS LES 3 MOMENTS DE CLASSE SUIVANTS (ACTIVITÉ D'INTRODUCTION, COURS, EXERCICES), INDIQUEZ LE DEGRÉ DE PERTINENCE DE L'USAGE DU TBI [ACTIVITÉ D'INTRODUCTION]

Codage : INTRO

Réponses possibles (5)

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4,
- * 5.

QUESTION N° 18 : DANS LES 3 MOMENTS DE CLASSE SUIVANTS (ACTIVITÉ D'INTRODUCTION, COURS, EXERCICES), INDIQUEZ LE DEGRÉ DE PERTINENCE DE L'USAGE DU TBI [COURS]

Codage : COURS

Réponses possibles (5)

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4,
- * 5.

QUESTION N° 19 : DANS LES 3 MOMENTS DE CLASSE SUIVANTS (ACTIVITÉ D'INTRODUCTION, COURS, EXERCICES), INDIQUEZ LE DEGRÉ DE PERTINENCE DE L'USAGE DU TBI [EXERCICES]

Codage : EXO

Réponses possibles (5)

- * 1,
- * 2,
- * 3,
- * 4,
- * 5.

QUESTION N° 20 : PENDANT LE DÉROULEMENT DES SÉANCES QUI MANIPULE LE TBI ?

Codage : MANIP

Réponses possibles (3)

- * plutôt vous,
- * plutôt les élèves,
- * vous et les élèves de façon équitable.

QUESTION N° 21 : AVEC QUELLES RESSOURCES TRAVAILLEZ-VOUS POUR PRÉPARER LES SÉANCES TBI ?

Codage : RES

Réponse ouverte

QUESTION N° 22 : POURRIEZ-VOUS AUJOURD'HUI ENVISAGER D'ENSEIGNER SANS LE TBI ?

Codage : SANS

Réponses possibles (4)

- * oui,
- * oui, mais difficilement
- * non.

Annexe G

Entretiens

Grille de questions des entretiens

PROFIL DE L'ENSEIGNANT

- ▶ Depuis combien de temps enseignez-vous ?
- ▶ Utilisez-vous les TICE dans votre enseignement ? Depuis combien de temps ? Lesquels ? Avec quelle fréquence ?
- ▶ Quelle est votre opinion sur les TICE dans l'enseignement en général ?
- ▶ Avez-vous participé à une formation TBI ? Quelle était votre sentiment sur l'outil à l'issue de cette formation ? A-t-il été modifié, enrichi ? (vous pouvez citer un exemple)
- ▶ Depuis quand utilisez-vous le TBI ? Quelle est la fréquence d'utilisation de l'outil ?
- ▶ Disposez-vous d'un TBI dans votre salle de classe ?
- ▶ Y avez-vous été incité par l'institution ? Si oui, dans quelles circonstances ?
- ▶ Quelles étaient à l'origine les raisons qui vous ont conduit à utiliser le TBI dans votre pratique ?
- ▶ Dans ce premier temps d'utilisation de l'outil, avez-vous rencontré des difficultés :
 - l'utilisation du matériel vous a-t-elle posé problème ?
 - concernant la préparation des séances, avez-vous rencontré des difficultés ?
 - la gestion de la classe a-t-elle été problématique ?

PROFIL DE L'ÉTABLISSEMENT

- ▶ Dans quel type d'établissement enseignez-vous ? (primaire, collège, lycée, enseignement professionnel, zone prioritaire...)
- ▶ Quel est le nombre de TBI installés dans votre établissement ?
- ▶ Y a-t-il une salle informatique équipée d'un TBI dans votre établissement ? L'utilisez-vous ?
- ▶ Quelles sont les disciplines des collègues utilisateurs du TBI ?

INTERACTIONS AVEC L'OUTIL

- ▶ Avez-vous rencontré ou rencontrez-vous encore des difficultés d'utilisation du TBI, les-

quelles ?

- ▶ Quelles sont les fonctionnalités du TBI que vous utilisez le plus fréquemment ? L'absence de certaines fonctionnalités est-elle à déplorer ?
- ▶ De manière plus générale, le logiciel fourni avec l'outil vous paraît-il pertinent pour un usage spécifique en Mathématiques ?
- ▶ Utilisez-vous d'autres logiciels que celui fourni ?
- ▶ Existe-t-il des fonctionnalités du TBI qui vous semblent difficile à utiliser (ou difficile à utiliser par les élèves) ?
- ▶ Concernant plus précisément les trois outils suivants : le rideau, le zoom et l'appareil photo. Pourriez-vous les classer du plus utilisé au moins utilisé ? Pourriez-vous indiquer des exemples d'usage de ces trois outils ?
- ▶ Disposez-vous de périphériques supplémentaires installés avec le TBI (webcam, acti-votes,...) ? Si oui, quelles utilisations en faites-vous en classe ?

INTERACTIONS AVEC LES MATHÉMATIQUES

- ▶ L'usage du TBI vous paraît-il pertinent pour certaines notions du programme ? Au contraire y a-t-il des notions qui, selon vous, ne se prêtent pas à l'usage du TBI ? Pourquoi ?
- ▶ L'usage du TBI vous paraît-il pertinent pour certains types d'activité ? Au contraire y a-t-il des types d'activité qui, selon vous, ne se prêtent pas à l'usage du TBI ? Pourquoi ?
- ▶ Avec quelles ressources travaillez-vous pour préparer les séances TBI ? Y-a-t-il des adaptations, lesquelles ?
- ▶ Y a-t-il des " choses " que vous faites mieux avec le TBI qu'avec le tableau noir usuel ? Au contraire préférez-vous utiliser le tableau noir pour certaines activités ?

INTERACTIONS AVEC LES ÉLÈVES

- ▶ Pendant le déroulement des séances qui manipule le TBI ? (vous tout seul ? vous sous les conseils des élèves, un élève sous vos conseils ? un élève tout seul, autres, des exemples)
- ▶ Si les élèves utilisent le TBI, dans quelles circonstances ?
- ▶ Les élèves ont-ils des difficultés d'utilisation du TBI ?
- ▶ Quel type de travail privilégiez-vous pendant les séances TBI (Groupes,...) ?
- ▶ Faites vous des différences d'utilisation suivant les classes (ou suivant les élèves) ? Pourquoi ?

INTERACTIONS AVEC LA COMMUNAUTÉ

- ▶ Quand vous préparez vos séances TBI, vous arrive-t-il de travailler avec d'autres collègues ou de récupérer des ressources déjà existantes ?
- ▶ Avez-vous eu des échanges avec des collègues utilisant le TBI, dans la même discipline, dans d'autres disciplines ?
- ▶ Si vous deviez convaincre un enseignant d'utiliser le TBI dans sa classe, quels sont les arguments que vous avanceriez ? Quels conseils mais aussi quelles mises en garde pourriez-vous lui donner ?

ADAPTATIONS

- ▶ Quelles étaient vos premières attentes ? Ont-elles été satisfaites ?
- ▶ Dans quelles mesures vos conceptions de l'usage de l'outil dans la classe ont-elles changé ?
- ▶ Idéalement, quels seraient les changements ou les améliorations que vous voudriez apporter à l'usage que vous faites du TBI ?
- ▶ Au cours des utilisations du TBI, avez-vous opéré des modifications dans et pour l'usage du TBI :
 - dans le choix du scénario
 - dans la conception des scénarios (avez-vous un exemple d'une évolution de scénario)
 - dans la gestion des activités des élèves ?
 - dans le choix des ressources du logiciel équipant le TBI ?
 - autres
- ▶ On peut lire dans de nombreux articles, différents avis sur le TBI avec des titres évocateurs qui vont de :
 - Le TBI une révolution dans la salle de classe
 - Adieu le tableau noir
 - Le TBI outil qui permet de continuer à enseigner comme avant avec un label TICE
 - Le TBI rien de plus que le bon vieux vidéo-projecteur

Quel est votre sentiment sur chacune de ces affirmations ?

- ▶ Pourriez-vous aujourd'hui envisager d'enseigner sans le TBI ?

MATÉRIAUX

- ▶ Disposez-vous de fichiers informatiques (paperboard...) utilisés lors d'une séance en classe ?
Disposez-vous des ressources qui vous ont aidé à construire ces fichiers ?
- ▶ Disposez-vous d'un exemple de scénario (feuille de route, document élève...) que vous avez " joué " en classe avec et sans le TBI ?

Extraits des entretiens conduits

EXTRAIT DE L'ENTRETIEN CONDUIT AVEC BERNARD

Q1 : Depuis combien de temps utilises-tu le Tableau Blanc Interactif ?

R1 : Et bien ça fait 2 ans et demi en fait, c'est un TBI qui a été offert par le rectorat, enfin offert, donné... Un jour le rectorat m'a contacté en disant, Monsieur, est-ce que vous acceptez que l'on vous donne un TBI, moyennant quoi vous accepterez bien de nous rendre quelques petits services ultérieurs à propos du TBI. Donc ça, ça s'est passé il y a près de 3 ans maintenant, le temps que la machine administrative se mette en route, je l'avais pour la rentrée courant septembre et donc ça fait deux ans et demi maintenant.

Q2 : Les services dont tu parles, de quel le nature sont ils ?

Q2 : C'est par exemple aller faire une formation ou un accompagnement sur le TBI auprès

de certaines personnes, des trucs comme ça. Tu connais la machine éducation nationale, il y a tout plein de choses qui se décident à un moment donné, et qui ont une suite ou non pas de suite, alors là, je pense que cette participation que l'on m'avait demandé, les temps ont changé, les priorités ont changé, et puis plus personne en parle. Je pense qu'à un moment donné il y avait une idée précise de la part de quelqu'un et puis ça s'est terminé comme ça. Donc je fais quelques accompagnements mais parce que c'est le groupe ressources qui me demande de les faire. Ce n'est pas lié au fait que le rectorat m'avait donné le TBI, c'est un projet qui a disparu, pour une raison ou pour une autre. Voilà donc deux ans et demi de pratique.

Q3 : Quelles étaient, à l'origine, les raisons qui t'ont conduit à utiliser le TBI dans ta pratique ?

R3 : Je vais vraiment revenir à l'origine. La première fois que j'ai vu un TBI, j'ai vu une démonstration qui n'était pas une démonstration dans un cadre mathématique, c'est quelqu'un qui avait un TBI et qui montrait en gros ce que l'on pouvait faire avec.

Q4 : Cette personne était-elle enseignante ?

R4 : C'était effectivement un enseignant, mais un enseignant d'anglais. Ça restait... comme dirais-je, c'était une présentation des fonctionnalités du TBI, il n'y avait pas du tout de discours didactique derrière, ou quoi que ce soit. Et moi quand j'ai vu ça il y a trois choses qui me sont venues à l'esprit tout de suite dont on verra qu'elles ont évolué pour certaines, la première c'est l'interactivité que ça pouvait permettre, et j'ai trouvé que ça pouvait être une voie intéressante cette interactivité pour la mobilisation, la motivation, la participation des élèves et la compréhension. J'ai trouvé aussi intéressant que l'on puisse avoir l'accès à un ensemble de tableaux différents avec la possibilité de navigation dedans. Je te dis ma toute première approche, dès que l'on m'a dit cela, j'ai pensé à la synthétisation des notions abordées avec des angles différents. Et c'est cette synthétisation très précisément que l'on pouvait avoir dans un même lieu à un moment précis et qui permettait de passer d'un aspect à un autre, de façon très simple, qui m'a paru intéressante pédagogiquement. Et puis c'est la mémorisation des écrits, mémorisation de ce qui se faisait. A ce moment là, c'est ce qui m'a paru sans que je puisse dire de façon très claire, très nette, très précise, ce que j'en ferais. Ça m'a semblé des pistes intéressantes mais j'aurais été incapable de dire à ce moment là ce que j'allais... je savais que j'allais essayer d'en tirer quelque chose mais quoi exactement... après c'est la pratique quotidienne qui a fait que les choses ont évolué.

Q5 : Toujours concernant les débuts d'usage de l'outil, quelles ont été les premières utilisations, les difficultés rencontrées ?

R5 : Les difficultés, on va les scinder en deux grandes difficultés, il y a les difficultés matérielles et les difficultés pédagogiques. Dans les difficultés matérielles, il y en a deux que je vois. La première difficulté est que j'étais équipé à l'époque d'une unité centrale qui a eu quelques soucis à suivre le rythme et donc il y avait des blocages, des plantages de machines, ce qui était extrêmement déplaisant parce que tu casses une dynamique. C'est très clair, ça cassait... c'est la première chose. La deuxième chose, ce sont des problèmes liés à l'outil,

l'outil informatique je parle, pas de l'outil en tant que moyen pédagogique. Le logiciel me pose quelques problèmes, et continue à m'en poser, bêtes, du style, si j'ouvre un logiciel après avoir ouvert mon Activstudio, je perds la barre d'outils de l'affichage, systématiquement, elle n'apparaît que pour une seule commande. Je veux dire qu'à chaque fois, on est obligé de la réactiver en allant sur la barre de démarrage, on re-clic et ça réapparaît. C'est très gênant. Donc ça veut dire au niveau contrainte, il faut que j'ouvre tout le matin qu'en j'arrive, quitte à pas me servir d'un fichier... les fichiers, on sait très bien ceux dont on a prévu de se servir, mais l'occasion fait que l'on peut être amené à utiliser autre chose, donc tout ce qui est à ma disposition et auquel je pense le matin, je l'ouvre et ensuite j'ouvre le TBI. Ça c'est un petit peu gênant, c'est un détail mais c'est un peu gênant. Une autre chose gênante, c'est avec le stylet, j'ai beaucoup de difficulté à avoir le clic droit avec le stylet, avec la souris pas de problème mais avec le stylet ce n'est pas si facile que cela, et notamment pour des élèves, c'est très très difficile. C'est trouver le bon positionnement par rapport au tableau et ça c'est pas quelque chose de très simple alors que c'est très simple de se servir du stylet pour commander les fonctions, ça c'est une fonction qui pose souci. Et la deuxième difficulté que j'ai, c'est le problème de calibrage tu vois, mon installation elle n'est pas mauvaise à voir comme ça mais insensiblement, il y a un décalage qui se produit et donc sans que je le perçoive dans des commandes banales, quand par exemple, je prends Géogébra, il y a la difficulté avec le stylet de prendre le point, alors quand c'est moi qui suis à la commande, je connais le problème et donc j'approche avec suffisamment de délicatesse pour voir, mais quand c'est un élève, ça définit une zone au lieu de prendre le point, enfin voilà c'est le deuxième problème. Ces problèmes là, enfin ces deuxièmes problèmes liés au logiciel n'étaient pas présents au début, enfin ils y étaient au début mais ils ne se sont pas estompés, ce n'est pas quelque chose qui est lié à la nouveauté du logiciel, l'unité centrale dont je parlais, le problème est réglé, on a eu des nouvelles unités centrales, et j'ai plus aucun souci.

Q6 : Y a-t-il une hotline pour rendre compte de ses problèmes ? Une réponse du fabricant ?

R6 : Oui, j'ai contacté le fabricant, je les ai eu d'autant plus qu'un autre problème s'est produit, c'est que la carte graphique du tableau est tombé en panne, la personne de Prométhéan m'a dit que deux ans d'utilisation comme je le faisais, c'était bien et que la carte graphique n'avait pas une fiabilité au-delà. Concernant le problème de la barre d'outils, ils m'ont répondu qu'ils ne voient pas où est le problème... non ils n'ont pas eu de réponse satisfaisante. J'ai ce problème là mais je l'ai aussi sur le portable puisque je l'ai installé sur un portable pour pouvoir travailler chez moi, de la même façon, donc je pense qu'il y a vraiment un problème logiciel. Et puis des petits problèmes qui se sont réglés, c'est par exemple l'adaptation qu'il faut avoir entre la rapidité d'exécution par rapport à la rapidité de compréhension du tableau. Par exemple dans l'écriture, si tu vas trop vite, le tableau ne suis plus. Si tu vas trop vite dans les ordres des différentes fonctions, il peut y avoir un blocage, et puis un autre problème lié à l'écriture, je me suis aperçu d'un défaut d'écriture que j'avais, et que je n'avais jamais remarqué auparavant, c'est marrant parce que c'est lié

au chiffre 5, et quand j'écris un 5, contrairement à tous les autres chiffres ou lettres, je ne décolle pas le stylo de la feuille de la même façon, donc j'avais quasiment systématiquement un trait qui en fait signalait le dégagement du stylet que je faisais, mais qui n'était pas suffisamment éloigné du tableau et donc j'avais un 5 qui était quasiment barré. Donc un petit truc de détail et qui lorsque je suis pris par l'enthousiasme revient. Et donc quelquefois quand je veux aller trop vite dans les manipulations, et bien ce sont des petits détails qui reviennent, mais ça ce sont des petits détails ponctuels puisque tu t'aperçois quand fait, les problèmes du logiciel. . . ce sont plus des problèmes là maintenant pédagogiques, bon, tu as un logiciel, un tableau c'est bien mais la question c'est qu'est ce que tu en fais. C'est là que se pose les problèmes, les vrais problèmes, et tout le travail est là à mon sens.

Q7 : Et les problèmes de gestion de classe ?

R7 : Les problèmes de gestion de classe, alors non ça n'a pas été problématique du tout, il y a un petit problème qui se produit dont il faut avoir conscience, c'est que pour l'instant c'est un outil qui n'est pas banalisé, il commence à se banaliser dans la classe, c'est un bien grand mot "banaliser" parce que j'ai un collègue d'anglais qui en a fait acheter un l'année dernière mais la majorité des classes n'ont que ce tableau là à leur disposition, donc il y a un effet nouveauté qui joue, qui peut être positif ou négative, il y a des enfants qui sont très sujet à une motivation de participation soudaine pour venir au tableau, et il y en a d'autres qui rejettent l'outil parce que c'est informatisé, et puis ça, ça disparaît avec le temps, et puis il y a un autre effet qui est propre à tous les élèves, et il faut à mon avis que les collègues en prennent conscience, j'en reparlerai dans les conseils de fin, c'est que. . . il y a en fait, moi j'ai remarqué auprès des collègues qui utilisaient le tableau blanc, il y a deux catégories, il y a ceux qui utilisent le tableau blanc et qui font utiliser les élèves aussi, et puis il y a ceux qui utilisent le tableau blanc mais qui gardent ça comme un outil "prof" et qui ne font pas intervenir les élèves, moi j'ai fait le choix de faire intervenir les élèves, je pourrai te donner mes arguments, je leur donne mes arguments, c'est intéressant qu'ils interviennent pour différents points de vue, mais par contre je pense là qu'il faut accepter dans un premier temps, qui est ma fois assez rapide puisqu'ils ont une capacité d'adaptation assez forte, il y a ce qui semblerait une perte de temps sur le moment, mais qui n'est pas une perte de temps à long terme, sur la manipulation des fonctions de bases. . . au bout de quelques temps, l'élève qui vient de faire une faute de frappe ou une faute d'écriture, il revient en arrière et puis voilà ça ne pose pas de problème. Il y a un temps d'apprentissage du logiciel comme toute chose. La gestion de classe, non, la gestion de la classe, elle est différente, la classe ne se gère plus comme elle se gérait avant, il y a des moments où c'est quasiment identique mais il y a des moments différents mais ça on y reviendra tout à l'heure quand tu vas évoquer le problème des changements de scénarios, ce qui amène une gestion qui peut être différente. . . Mais je n'ai pas rencontré de réelle problématique à ce sujet.

Un truc que je vais dire tout de suite parce que j'ai peur de l'oublier, tu vois, je l'ai noté, c'est que dans la gestion de classe, je me suis aperçu que le tableau m'apportait quelque chose auquel je n'avais absolument pas pensé quand j'avais vu fonctionner le tableau, si tu

veux, dans notre temps professionnel, tu as deux grands temps bien différents, tu as l'avant séance, préparation de la séance, tout ce que tu vas faire, ce que tu veux étudier, la façon... les dispositifs à mettre en place, et tu as la séance elle-même, et dans la séance elle-même, ce que j'ai trouvé très intéressant dans le tableau, c'est que tu as plein de questions qui te sont posées par des élèves qui ont des difficultés extrêmement différentes, pour qui les réponses sont diamétralement différentes, et ce que j'aime bien dans le tableau, c'est que la multiplicité des outils que l'on a, le fait aussi que l'on ait mémorisé des choses, fait que l'on peut apporter des réponses extrêmement différentes, beaucoup plus personnalisées d'une part, mais aussi d'autre part, avec des éclairages très différents, et faire comprendre des choses que j'aurais beaucoup plus de mal à faire comprendre là avec un tableau traditionnel parce que j'ai pas à ma disposition immédiate tout un tas d'outils. Et ça c'est vrai quelque soit le niveau de l'élève. Un exemple pour illustrer... je pense d'ailleurs avant de passer à l'exemple, que c'est d'autant plus utile avec l'évolution de la discipline et la mise en place du socle commun, je pense que c'est une possibilité qui est quand même intéressante parce que tu vois, tu es jeune et tu n'as pas été marqué comme moi par quelque chose qui est un handicap, une habitude de faire qui pourrait être sclérosant, mais d'un autre côté je vois bien qu'il y a une évolution très forte, c'est-à-dire qu'auparavant on était dans un schéma qui était relativement réglé, c'était fait pour un enseignement élitiste, c'était assez réglé comme schéma, il y avait des règles très simples, très claires, avec un présupposé qui était que tout le monde s'adapterait à la règle, ce qui ferait que tout serait pour le mieux dans le meilleur des mondes, on sait ce que ça donne et donc on a une évolution qui est très forte quand même, avec maintenant, le socle venant, on tient quand même beaucoup plus compte dans les objectifs que l'on a du public, de la diversité des objectifs en fonction de la personne, entre viser le socle et viser le programme, c'est pas les mêmes personnes que l'on vise etc, et ça c'est intéressant, ce sont différentes possibilités, parce qu'avant, on avait qu'une seule manière de faire, c'était la solution experte, tu étais expert ou tu ne l'étais pas, tu comprends ce que je veux dire, et maintenant comme les solutions non expertes sont devenues validées sans aucun problème, et bien la différence des approches et des solutions que l'on peut mettre en place c'est quand même intéressant... problème de fraction, tu peux le résoudre techniquement, ou tu peux le résoudre par des graphiques, ou par plein de choses et tu peux prendre l'un en passant pas l'autre, et ça c'est extrêmement simple à mettre en place, mon exemple j'y reviens, un très bon élève de troisième, un élève qui dans nos évaluations tourne à 18 – 19 de moyenne, donc quelqu'un qui a priori n'a pas de problème de compréhension, et puis on avait travaillé sur l'augmentation et la diminution en pourcentage, et on s'était posé la question de savoir si l'augmentation et la réduction consécutive d'un pourcentage identique nous faisait revenir au niveau initial, truc tout à fait bateau et classique, rien inventé en faisant ça, bon bien sûr la réponse non, après on s'était posé la question, pour un pourcentage donné quel est l'autre pourcentage qui compense, il y a les bidouilles qui se font, après on en tire une généralisation, tout se fait et il me dit, je comprends fort bien les calculs il n'y a pas de souci, mais je ne vois vraiment pas pourquoi.. en fait je résume,

ce n'était pas ça les nombres réellement, mais il ne voyait vraiment pas pourquoi 20% ça faisait 25% de 80%, il y avait ce problème en gros que la réduction de 20% nous amenait à 80% et donc il fallait ré-augmenter de 25%.. Donc il me disait : je suis d'accord avec tous les calculs, je pourrai refaire les calculs, si vous me demandait le pourcentage, je pense que je suis capable de le trouver mais je ne vois vraiment pas pourquoi ça fait ça. Tu vois genre de question que tu ne discernes pas si tu restes sur la méthode experte du calcul. Ce que j'ai trouvé intéressant dans la réponse du tableau, tu fais un graphique, les 20% tu les remplis, c'est tout bête je trouve, mais c'est extrêmement simple et parlant, et c'est 20% tu les reportes 4 fois et puis voilà il m'a dit c'est bon, j'ai vu les 25%. Et ça je trouve que c'est tout ce côté utilisation en classe que je n'avais absolument pas soupçonné, j'avais soupçonné qu'il pouvait y avoir, dans la préparation des cours une influence, à l'utilisateur de trouver ce qu'il faut faire, mais je n'avais pas soupçonné qu'il y avait un tas de possibilités. . . Je ne sais pas si c'est un truc que tu avais constaté toi quand tu te servais du tableau, mais ça, ça m'a frappé assez vite, par contre, je leur dis aux collègues que ça oblige à rebondir encore plus que vous ne le faisiez dans les cours traditionnels. Toi qui voit beaucoup de collègues, tu vas me dire si tu es d'accord avec ma constatation, il y a quand même des gens qui sont très fermés sur ce qu'ils font parce qu'ils ont prévu quelque chose, c'est très sécurisant et à partir de là tout ce qui risque de les amener en dehors du cadre prévu est complètement occulté, parce que, soit ils ont une peur de la gestion du temps, soit une peur de la gestion de la classe ou je ne sais quoi d'autre, mais c'est occulté et ça, à mon avis, il ne faut pas avoir peur de cela parce que le tableau blanc te permet de rebondir, d'aller plus loin et là la mémorisation c'est quand même extra, je veux dire, la faculté de créer un paperboard avec des pages que tu avais avant de réinsérer cela, de rappeler en direct un paperboard, d'aller sur une autre ressource c'est. . .

Q8 : Concernant la préparation des séances ?

R8 : La préparation des séances a forcément été modifiée, ça pose quelques petits problèmes au départ, les problèmes au départ étaient : c'est bien ce tableau mais qu'est ce qu'il m'apporte ? Si le tableau c'est simplement numériser l'écriture, c'est un atout, tu as la mémorisation de ce que tu as écrit, mais ça reste quand même . . . Q9 : Après plusieurs années d'utilisation, quelles modifications dans tes pratiques ?

R9 : Il y a eu une influence assez nette chez moi. . . Je suis parti d'un constat, que par exemple le travail de synthèse de la classe des différents groupes était très facilité par le tableau. La récupération des choses, le fait que tout soit sur place, et donc petit à petit ça m'a amené à diversifier dans la classe de façon beaucoup plus forte qu'avant, les approches que l'on pouvait avoir d'une notion. Parfois, je ne dis pas que c'est systématique. Et donc forcément à partir du moment où j'ai trouvé qu'il y avait cette force là, ça voulait dire que je crée des scénarios qui correspondaient à cela. L'objet d'enseignement n'a pas changé, les acteurs n'ont pas changé, par contre le cheminement entre tout ce beau monde là, ça fait un triangle qui ne fonctionne plus du tout comme ça fonctionnait avant, c'est à dire que ça m'a donné des ouvertures, un cas précis, par exemple sur les fonctions, je trouve que c'est un

objet qui renforce de façon très forte la corrélation entre les différents aspects d'une fonction. Et c'est extrêmement simple de casser l'approche traditionaliste de la fonction. Une chose qui m'avait toujours épaté, c'était que la fonction linéaire était la conséquence d'un travail numérique et graphique et on insistait beaucoup sur le numérique en collège, et que quand arrivait la fonction affine, la quasi-totalité des collègues, pas tous, traitaient la fonction affine comme un aspect algébrique, et que cet aspect avait différentes conséquences. En fait, on avait une approche numérique dans un sens, dans l'autre on avait une conséquence numérique d'une approche et là je trouvais qu'il y avait une incohérence d'approche, ce qui m'intéresse avec un tableau comme ça, je le ferai peut être parce que tu vois mes troisièmes en ce moment, ils ne sont pas là la semaine prochaine, il y a des séances prévues la semaine d'après, je les vois au compte goutte, et c'est ce que j'avais envie de vous proposer, mais je ne sais pas si ce sera cette séance là ou celle d'après en fonction de ce que je viens de te dire, mais c'était cette différence d'approche sur les fonctions, de même que pour les fonctions linéaires, on a fait des approches différentes, c'est-à-dire que ça permet aussi la modélisation je trouve, c'est beaucoup plus simple de modéliser parce que tu as des situations qui sont extrêmement différentes dans leur libellé, et en fait tu t'aperçois dans ces situations quand tu les étudies que tu as des fonctionnements identiques, il y a un habillage différents et il y a un traitement identique, et ça je trouve qu'il est beaucoup plus simple de le faire avec le tableau, parce que tu as le lieu où tu peux passer d'un endroit à un autre, et tu as la modélisation, c'est ce qui va simplifier les choses. . . je trouve que ça passe beaucoup mieux auprès des élèves de ce point de vue là et je note quand même mais peut être à tort, que le passage par l'algébrique devient quelque chose qui est plus naturel, j'ai un certain nombre d'élèves qui me disent après qu'on ne va pas, je résume, s'embêter à faire des tas de conjectures, on a de l'algébrique à notre disposition, on va y aller tout de suite, alors c'est pas forcément le bon choix, mais c'est quand même révélateur d'une première évolution par rapport à ce que j'avais avant ; le passage à l'algébrique, c'était vraiment le dernier truc, les dernières questions du devoir pour les intellos. . . je trouve qu'il y a un changement par rapport à cela, ce n'est pas lié simplement qu'au tableau blanc c'est lié aussi à toute l'approche différente qui se fait mais je crois que les deux sont liées. La modélisation, je crois qu'elle est bien aidé par le tableau blanc, tu vois ce sont toutes ces questions là que je me posais qui font que, effectivement, il y a un choix de scénario qui peut être différent, que la conception du scénario choisi va évoluer à un moment donné ou pas. La gestion des activités, et bien, le scénario étant différent, la gestion, elle, est différente parce que les moments de synthèses ne se font pas de la même façon, ils peuvent se faire de la même façon mais il y a d'autres façons de faire, oui ça ne fonctionne pas tout à fait pareil. Mais ça peut fonctionner pareil. Ce n'est pas une obligation, mais ça te donne la possibilité de rebond, d'ouverture voilà. . .

Q10 : Idéalement, quels seraient les changements ou les améliorations que tu voudrais apporter à l'usage que tu fais du TBI ?

R10 : en ce qui me concerne, j'aimerais avoir plus d'idées, mais là tu peux aller voir si d'autres ont des idées, et après, les réadapter à ta sensibilité, mais je crois que ce sont des idées qui

me manque, mais aussi un petit peu le temps qui me manque, parce que préparer ça prend du temps, donc... c'est la que la mutualisation quand même... j'espère que quand l'outil sera banalisé, il y aura des mutualisations fortes qui se feront.

Q11 : juges- tu les mutualisations existantes non suffisantes ?

R11 : certes il en existe et c'est déjà une aide, mais je crois qu'il faudra un moment donné de plus en plus et cela c'est loin d'être gagné sur le terrain, de la mutualisation à l'intérieur même d'une équipe pédagogique, et ça c'est... La mutualisation, pour aller chercher sur internet, dans des forums, dans des groupes constitués, dans des sites spécialisés, ça, il y a de plus en plus de personne qui ont cette démarche là, mais la démarche de construire dans un établissement, quelque chose de mutualisée et de cohérent, on est encore quand même dans un système encore extrêmement individualiste, et bon...ça peine...ça peine

Q12 : Concernant plus particulièrement l'outil, le logiciel fourni te paraît-il pertinent pour un usage en mathématiques ?

R12 : il y a deux choses dans le logiciel, je pense que d'abord, que ce soit le TBI en lui-même ou que ce soit le logiciel qui le commande, c'est comme l'informatique, la pertinence c'est ce que l'on va créer. On le rend pertinent ou on ne le rend pas pertinent. Il a plein d'avantages, il a aussi des contraintes, mais on doit réfléchir à son utilisation pour le rendre pertinent. Ça c'est une chose. Seconde chose, le logiciel est-ce qu'il est pertinent pour faire des maths ? il est pertinent pour faire un certain nombre de choses, il a quelques petites lacunes d'emploi, par exemple, à partir du moment où les concepteurs du logiciel avaient fait le choix de mettre des outils, des outils genre règle, rapporteur, compas, ils auraient dû mettre une équerre par exemple, ça aurait été je crois quelque chose d'efficace. J'aurai aimé, du fait des problèmes que je rencontre avec Géogébra, qu'il y est un module de géométrie dynamique, ça éviterait ces problèmes de compatibilité. J'aimerais par exemple qu'il y est dans ce module de géométrie dynamique, même si c'est relativement basique, des possibilités de trace, d'avoir un module qui soit complètement intégré, que l'on n'est pas à sortir du logiciel, ça reste des détails et des idéaux parce que tu sors et puis voilà. Mais c'est vrai que la restitution n'est pas toujours facile. Par contre, il y a quand même des choses intéressantes, tu vois je me place avec Géospace, ce que je trouve parfois intéressant, c'est que ça aide au transfert espace-plan, dans la mesure où tu peux avoir simultanément tes deux écrans, l'écran Géospace et l'écran tableau blanc côte à côte. Et tu as ton Géospace avec tout ce qu'il apporte comme fonctionnalités et comme vision dans l'espace, je vais prendre un exemple simple, c'est la boule et la section de cette boule par un plan, tu as ton Géospace où tu comprends ce qui se passe, et tu as la traduction dans le plan, à côté dans le logiciel qui n'est absolument pas dynamique, et ce que j'apprécie bien quand tu as les deux simultanément, c'est que je pense que ça aide au passage qui n'est pas évident pour tous les élèves d'une situation 3D à une situation 2D et passer d'une situation concrète, purement identifiée comme concrète, à une situation purement identifiée dans le champ mathématique, et après partir du champ mathématique pour revenir là. C'est le transfert entre la situation et le domaine mathématique. Ce que je trouve intéressant dans le tableau, c'est que j'ai

l'impression que ça donne une certaine validité au traitement mathématique qui n'est plus un truc de prof de maths mais qui est quelque chose qui va servir à traiter une situation. Ce que j'aime bien là dedans, c'est que l'on part de la situation 3D, on a le transfert à la situation mathématique, et quand j'ai l'impression qu'ils sont bon sur le transfert, on enlève la 3D et on est en situation mathématique, purement géométrique et là la situation devient d'un seul coup beaucoup plus simple à traiter mathématiquement qu'auparavant. La difficulté, alors la difficulté, c'est une vraie difficulté que l'on a tous en temps que prof, c'est ce que nous on ressent, c'est ce qu'un œil extérieur verrait, on voit notre classe d'une certaine façon, l'œil extérieur lui, il voit tout plein de choses que nous ne voyons pas, et donc il y a un moment où tu penses que c'est bon, et c'est ce moment là qui est très dur à trouver, peut être que tu as raison, peut être que tu n'as pas raison. . . c'est toute la difficulté du métier.

Q13 : Quelles sont les fonctionnalités que tu utilises fréquemment ?

R13 : Alors les fonctionnalités, j'en ai plein, je ne parle pas du stylo et de la gomme etc. . . avec la gomme il y a un petit problème au départ quand même, la gomme est à manipuler non pas avec parcimonie mais en sachant bien ce que l'on fait. Parce que sinon, pour des élèves qui sont en début de manipulation de tableau, ça crée un "binz" pas possible. C'est un calque et comme c'est un calque il se déplace alors que ce n'était pas prévu, alors que toi quand tu le manipules, tu sais que c'est un calque bon. . . c'est différent et donc à utiliser en sachant qu'il y a ce problème là. Donc en général plutôt que la gomme, moi, pour les élèves, je préfère le retour en arrière quand c'est possible. Par contre, j'utilise des trucs pour lesquels je ne voyais pas du tout à quoi ça pouvait me servir au départ : le rideau me plaît bien dans certaines situations, quand ce sont des situations où l'on est dans une situation d'étude par exemple et dans laquelle je détermine quels sont les points que l'on va étudier ou alors quand j'ai une progression où je veux que les élèves passent un certain temps, même s'ils ne voient pas à quoi ça va nous servir sur le moment, sur la situation donnée, mais sur toutes les implications que l'on peut tirer du renseignement qu'elle a, tu vois, chaque fois que l'on a besoin de faire une étape de réflexion, de rythmer l'étape, c'est pour moi un peu l'équivalent de ce qu'est la fonction étape par étape d'un Géoplan par exemple. Donc au moment où tu as décidé que l'on passe à l'étape suivante, on passe à l'étape suivante. J'aime bien aussi, ce n'est pas fréquent comme utilisation mais bon, c'est une utilisation que je fais, le spot, moins que le rideau, mais en deux occasions notoires, la première occasion, c'est pour visualiser un phénomène, je t'en donne deux, il y en a un que tu nous avez présenté à Blois qui est celui de la discontinuité ou pas d'un segment, le placement d'un nombre entre deux autres. . . non c'était le zoom que tu avais utilisais à ce moment là, c'était le zoom je me trompe. Le spot, que tu peux utiliser avec un zoom après sur une figure et tu isolas la partie de la figure, ça peut être une tangente à un cercle par exemple en quatrième, mais tu as aussi, ce qui m'intéresse, c'est que parfois dans une situation complexe, tu isolas, tu isolas... et c'est parfois intéressant, ça peut être une situation géométrique, c'est très probant, mais pas que, ça peut être une autre situation où tu as un ensemble de données et puis on va aller

chercher une donnée et on va exploiter cette donnée là et on fera le lien avec autre chose, c'est-à-dire que quand un moment il faut que tu focalises ton attention sur un point qui est un point important, et puis après on fera disparaître le spot et on reviendra à ce point là par rapport aux autres. Ce n'est pas hyper fréquent, c'est sûrement un des outils que j'utilise le moins mais c'est un outil que j'utilise quand même alors que la première fois que je l'ai vu, j'ai dit : c'est très beau, en démonstration c'est excellent, mais je ne voyais pas vraiment ce que j'allais en faire, c'est l'usage. . . en démonstration, c'est super, tu mets une personne qui connaît les fonctionnalités du tableau blanc, tu mets 30 professeurs, il fait une démo, c'est extraordinaire. . . voilà L'appareil photo, j'aime bien parce que l'appareil photo, alors chez moi il est branché tout le temps, je vais sur internet il y a l'appareil photo tout le temps, dans les préparations de séances, c'est un moyen que j'ai trouvé très simple pour intégrer des documents, des photos des trucs comme ça. Par exemple on nous demande de travailler beaucoup dans le réel et c'est très bien, alors un exemple d'utilisation de l'appareil photo, il se trouve que je suis relativement. . . passionné, c'est un bien grand mot, mais enfin, de la reproduction sonore, et donc il n'est pas rare que je leur face faire des activités sur, par exemple, les dimensions de hauts parleurs en leur disant par exemple, quand vous voulez des graves de qualités , il y a différents paramètres qui interviennent, il y a la composition du haut parleur, l'électronique que vous mettez derrière, et puis il y a un des critères qui intervient, c'est le diamètre du haut parleur, et donc plutôt que de leur poser l'exercice tout bête du style, enfin tout bête non, mais que je ne fais plus comme ça, du style je veux avoir un disque deux fois plus grand, qu'est ce qu'il faut que je fasse au rayon de mon disque initial, et bien j'ai deux enceintes, une qui a deux hauts parleurs, l'autre qui en a qu'un, et je dis et bien voilà on a des problèmes esthétiques, l'esthétique actuel veut que l'on fasse des enceintes de plus en plus étroites, si on veut avoir des surfaces, des aires égales dans les deux hauts parleurs , bien sûr on va gagner en esthétisme si on en met deux au lieu d'un, et donc qu'est ce qu'il faut. . . tu vois des petits trucs comme ça et ça c'est intéressant je trouve parce que ça fait une entrée qui est très simple et ça je l'illustre avec une image de haut parleur, une image d'enceinte, voilà. . . par exemple quand on a fait les fonctions linéaires, il y avait 8 situations à étudier, certaines étaient linéaires ou pas, on ne parlait pas de fonctions linéaires à l'époque, on cherchait simplement à dire s'il y avait certaines propriétés, et il y avait ça dedans. . . pour une illustration. Bon c'est des petits détails, mais qui je trouve, apporte un petit plus et apporte un aspect concret tout en sachant qu'après on passe à l'aspect mathématique, on est toujours dans ce transfert.

Les outils, l'appareil photo, le clavier flottant, tous les outils classiques, la grille, le surligneur le remplissage. . . j'aime bien le remplissage, parce qu'il permet un déplacement très visible et très parlant, par exemple, quand tu as une variation d'aire dans une figure, ou quand tu fais des identités remarquables, quand tu fais des trucs comme ça, quand tu as des figures qui bougent, comme tu nous avez fait toi, bon moi j'ai pas ta connaissance en flash , alors tu peux remarquer de façon très simple, pour justifier le fait qu'il va y avoir un traitement mathématique derrière, parce que tu ne peux pas en dire plus, que finalement, ton rectangle,

et bien oui, il a été modifié et que curieusement le périmètre est resté le même et l'aire n'est pas restée la même, tu vois. Et ça tu fais des déplacements extrêmement simples, tu fais pivoter come tu veux, je trouve que c'est plus facile et plus parlant que la forme, la forme rectangle, alors j'utilise beaucoup les formes géométriques, la forme ça reste une forme et si je veux parler d'aire, j'ai un certain nombre d'élèves qui ont encore des difficultés à associer une aire à cette forme. . .tu vois ; le remplissage, il a plus la notion d'aire. Alors ça pose un petit problème au départ, c'est que la forme, elle est identifiée d'une certaine façon dans le logiciel, et l'aire, enfin le rectangle intérieur est notifié d'une autre, donc quand tu déplaces l'un, tu ne déplaces pas l'autre donc bon. . . Sinon, les bibliothèques, que je remplis petit à petit par mes ressources ou d'autres ressources, c'est un peu le « binz » la bibliothèque, donc j'ai un tas de dossiers et puis la bibliothèque en elle-même comprend peu de choses ou alors j'y verse uniquement ce qui va concerner les choses que j'ai à faire là et puis après, le reste, c'est rangé en dossier, j'appelle le dossier. . . parce que sinon je trouve que le rangement il est pas hyper pratique. L'organisateur de pages, le sélecteur de pages, la mémorisation, l'annotation, alors ça je trouve aussi que c'est un plus énorme, pouvoir annoter une figure, pouvoir annoter ceci, pouvoir mettre l'accent sur telle chose, c'est très bien, la possibilité après d'introduire ça dans ton paperboard si tu veux, mais l'annotation en elle-même est intéressante, notamment sur des logiciels, puisque les logiciels que j'emploie, ce sont les mêmes qu'avant. Je préférerais que certains aient un module intégré pour des raisons de facilité, mais ça ne les remplace en rien. . . tu vois par exemple j'étais à Vierzon pour faire un accompagnement il y a quelque temps, et il y a un collègue qui me dit , il paraît que sur le tableau blanc, les solides, on les voit drôlement bien, et bien je lui dis : tu ne les verras pas mieux que tu les vois sur un Géospace, ton logiciel de tableau blanc, il n'est pas fait pour faire tourner les solides dans tous les sens comme tu l'entends, c'est un logiciel qui va te permettre d'exploiter les choses, qui va te permettre certaines choses par rapport à ce que tu projettes, mais enfin il a ses limites, c'est pas le. . . on le voit très bien, oui parce que il y a un fond blanc, mais c'est tout. . .quoique en fait je dis ça mais en fait avec Géoplan et Géospace, j'utilise les fonds noirs, parce que je trouve. . .les élèves de fond de classe m'ont dit qu'ils voyaient mieux quand c'était le fond noir voilà.

Q14 : Utilises-tu d'autres logiciels ?

R14 : Tous les logiciels classiques, les tableurs, les logiciels de géométrie dynamique, Google Earth de temps en temps quand l'occasion se présente, rien de plus que si j'avais un ordinateur sans tableau blanc.

Q15 : Existe-t-il un domaine mathématique dans lequel l'usage du TBI te paraît particulièrement pertinent ? Inversement, l'usage du TBI te paraît-il à proscrire pour l'étude particulière d'un thème ?

R15 : Cette question m'a posée beaucoup de problème, parce que je ne vois pas de domaines dans lesquels ce serait plus ou moins pertinent, la question que je me pose toujours, c'est que si je n'ai pas trouvé la pertinence sur quelque chose, est-ce que c'est lié au tableau blanc où est-ce que c'est parce que je n'ai pas trouvé la pertinence, tu comprends, je pense que la

pertinence est surtout liée à l'utilisation que l'on en fait, à ce qu'on y met derrière, donc là très sincèrement, je...

Q16 : Diverses séquences pédagogiques composent notre enseignement. Dans lequel(s) de ces moments l'usage du TBI te paraît-il particulièrement pertinent ? Inversement, l'usage de cet outil est-il particulièrement inadapté pour l'un d'entre eux ?

R16 : Les activités d'introduction, moi, ça a changé pas mal de choses de part le fait que je peux changer la mise en scène des choses, le scénario en quelque sorte, et donc on ne va pas aborder les choses de la même manière... on est bien d'accord l'objet d'enseignement qui est derrière est toujours le même, mais je trouve que ça donne des facilités dans la mise en jeu, la mise en scène de tout ça, donc oui les activités d'introduction, ça peut sans aucun problème être modifiées. La correction d'exercices, si la correction d'exercices, c'est simplement faire une correction d'exercices sans qu'il y est rebond vers quoi que ce soit, c'est simplement avoir numériquement ce que l'on aurait au tableau, et je ne vois pas un gros intérêt supplémentaire, ça a un intérêt supplémentaire quand tu es prêt à aller plus loin, tu peux avoir des explications plus loin, ça peut être vrai, ça peut ne pas être vrai, je pense que ce n'est pas aussi systématique que dans les activités d'introduction, ça peut être vrai si tu considères que l'exercice et l'erreur de l'exercice et bien c'est un point auquel tu dois t'intéresser voilà... Tous ceux qui fonctionnent en pensant que l'exercice, le corrigé, c'est la donnée de la bonne réponse, point, là ça n'apporte rien, à mon sens. C'est vraiment dans cet esprit là. Ensuite l'évaluation, alors là j'ai beaucoup de mal dans l'évaluation... l'évaluation de toute façon, alors ça dépend de quelle évaluation on parle, si on parle d'une évaluation traditionnelle, si on parle de la méthodologie de l'évaluation traditionnelle, sur la méthodologie, je vois aucun changement sauf que ce que tu vas évaluer, c'est une production d'élève qui a eu certaines activités pour essayer d'acquiescer ça et là le tableau blanc est intervenu donc en tant qu'outil tableau blanc pour le moment d'évaluation écrite... comme un devoir que je viens de faire ce matin, pas d'intérêt. Par contre, la production qui sera là aura une connotation tableau blanc, plus ou moins grande, suivant les élèves et j'espère plutôt forte que pas forte, mais enfin je verrai en corrigeant, ce que je veux dire par là, c'est que le contenu du devoir va quand même être lié à ce que tu as fait...

Q17 : Comment fais-tu transparaître cela dans les évaluations ?

R17 : Et bien c'est extrêmement difficile, je ne sais pas le faire transparaître, ce que je peux évaluer par contre, et là je viens à une autre évaluation, mais j'y reviendrai parce qu'il y a des évaluations avec le tableau, ce que je peux évaluer, c'est l'évaluation telle qu'elle va apparaître dans le socle, comportementale, de recherche, d'autonomie, des trucs comme ça, ça le tableau blanc c'est un moyen non pas parce qu'il est là, mais parce qu'il a permis d'initier un certain type de travail qui me permet d'évaluer ce comportement là, c'est toujours pareil, c'est pas l'outil en lui-même, c'est ce qui a été fait qui me permet d'évaluer, là il intervient. Alors dans l'évaluation, il va me servir dans l'évaluation par exemple mais guère plus qu'un vidéoprojecteur normal dans une activité mentale, elle a quand même un avantage par rapport à une activité normale, c'est que tu peux reprendre tout de suite et

corriger sur la feuille d'interrogation, ou annoter sur la feuille d'interrogation, c'est un petit avantage par rapport à un powerpoint qui, si tu veux modifier, tu dois avoir un travail. .il faut reprendre logiciel, l'ouvrir etc. . . bon là, c'est un petit avantage, c'est le seul point. . . par contre il existe , ce que je souhaiterai, mais on ne l'a pas fait, c'est essayer des activvotes, d'avoir ça, on ne l'a pas fait parce que quand j'avais demandé a prométhéan, il ne m'en avait pas prêté, l'achat était hors de question parce que c'est un prix extrêmement élevé, donc là on refait une demande de prêt on espère avoir une valise de 30 et tester, voir ce que cela donne, avant éventuellement emmener l'établissement vers un achat de ce type, que le patron fera si je lui dit de le faire, mais faut-il que l'investissement vaille le coup, on va tester et peut être que de ce point de vue là il y a des choses intéressante, je ne sais pas, je ne me rends pas compte. Après il y a le coté. . . c'est comme dans l'utilisation banal du tableau, il y a le coté pseudo moderne et gadgétisation qui nous guette à tout moment, donc si c'est pour faire moderne c'est pas intéressant, donc je vais voir si on en tire quelque chose. . . c'est surement intéressant parce que tu as. . . donc là je ne mettrai pas cela dans des évaluations chiffrées, je mettrai cela dans des évaluations formatives, on a je pense quand même une vue un peu plus précise de ce que chacun peut faire. Je pense que c'est surement dans le formative que ça peut être intéressant et pourquoi pas le passer dans le sommatif après, je n'en sais rien. Faut voir quoi. . . surtout que le sommatif va disparaît de plus en plus, après on va avoir une évaluation par compétence, le sommatif. . . il a quand même un rôle social non négligeable dont il est difficile de faire abstraction. Q18 : Si tu devais convaincre un enseignant d'utiliser le TBI dans sa classe, quels sont les arguments que tu avancerais ? Quels conseils mais aussi quelles mises en garde pourrais-tu lui donner ?

R18 : Il va y avoir beaucoup de redite. . . moi ce que je lui dirai, et ce que j'essaierai de lui montrer si j'avais l'occasion de discuter avec lui avec un tableau blanc sous la main, c'est l'interactivité que tu peux avoir, et que les élèves peuvent avoir et je lui dirai surtout que c'est un outil aussi à considérer comme un outil élève, que ce n'est pas simplement un outil prof. La mémorisation, le fait de pouvoir mémoriser les choses, ce qui te permet de repartir exactement à l'endroit où tu veux, par rapport à la séquence précédente, chaque début d'heure, généralement c'est un rappel de ce qui a été fait avant et donc ça te permet de mettre les choses bien au point, ça permet une entrée dans l'étude que je trouve beaucoup plus rapide qu'avant et ça génère aussi un taux de désaccord beaucoup moins important qu'avant. Je m'explique, il n'était pas rare que j'ai un grand nombre d'élèves qui conteste les données que je donnais pour la correction d'exercices, disant que c'était pas ça que j'avais fait ou que c'était impossible, toutes les excuses et prétextes possibles, alors parfois parce qu'ils avaient effectivement mal copié, maintenant c'est clair, c'est net, c'est écrit ,c'est comme ça et bien tu n'a pas les bonnes données, il n'y a plus l'excuse qui est là, ce qui veut dire que ça a régénéré de ce point de vue là un travail qui est fait plus fréquemment parce qu'on ne peut pas se réfugier derrière autre chose. Donc les contestations s'arrêtent très vite, en général il y a des contestations pour ceux qui découvrent l'outil, mais une fois que c'est arrivé deux trois fois, ils comprennent que ce n'est plus la peine. Aussi pouvoir faire appel à tout moment à

toutes ressources qui seraient utiles d'avoir, le fait que tu es le paperboard qui te donne un ensemble d'éléments présents, accessibles extrêmement rapidement, ce que j'aime bien par exemple, c'est la navigation entre les pages, le retour en arrière, reprise en avant, le tableau qui reste présent alors que sur le tableau traditionnel, il a disparu, donc ce sont des choses intéressantes, les annotations, la mutualisation et les synthèses que l'on peut faire avec les élèves, l'accès aux ressources je l'ai dit, la diversité des angles d'étude et de traitement de fonctions, ça ça me paraît très intéressant ; la gestion de la classe avec le lien avec le socle, qui est toujours une question que se pose les collègues, en fait les collègues, il y a un souci avec le socle, ils ne voient pas trop comment ils vont s'en tirer entre les objectifs de socle, les objectifs de programme, et comment ils vont faire cohabiter les deux et comment ils vont gérer les élèves entre les deux, donc ça c'est un outil d'aide. Aussi la participation que ça développe, l'implication que ça développe, l'amélioration de la modélisation dont je parlais tout à l'heure, le passage du concret au champ mathématique, le traitement et le retour à la situation donnée, que je distingue de la modélisation, deux choses que je ne mets pas sur le même plan. La faculté d'être au tableau et d'intégrer l'outil informatique et le pilotage informatique totalement à la vie de la classe. Ce que j'appréciais quand j'avais une unité centrale mais qui... c'était de pouvoir avoir accès à toute ces possibilité informatiques, ce qui me déplaisait, c'est qu'à chaque fois que je faisais appel à ces possibilités informatiques, il y avait comme une cassure dans la classe. Ici, on ne l'a pas, pas de la même façon sauf quand tu as un bug qui se présente. Maintenant il y a un taux d'équipement informatique, même dans des coins reculés comme Aubigny, qui est extrêmement important, le bug fait partie du quotidien des élèves, il y a un bug ponctuel, on passe, ça fait une petite cassure et c'est tout. Mais quand tout va bien, il y a une continuité dans le travail qui est plus importante qu'avant ; et ça c'est intéressant et l'élève qui est au tableau a cette continuité. Avant, nous on le gérait avec notre expérience, donc on avait toujours quelque chose à dire pour garder la concentration des élèves, pour les focaliser sur ce qu'on disait, pour se déplacer jusqu'à l'outil informatique, mais l'élève qui est en train de faire quelque chose lui il n'a pas cette expérience de communication, et si il ne peut pas faire avec le tableau, tout un coup, « paf » c'est rideau, on arrête, on va sur la machine et quand il est revenu géographiquement devant le tableau, il reprend son rôle, je trouve que c'est un avantage. En fait dans tous les avantages, à mon sens il n'y en a aucun qui a lui seul justifie l'investissement d'un TBI, parce que c'est une somme importante, aucun, par contre je trouve que l'ensemble justifie. Mais c'est un appareil qui se domestique après un certain temps

Je pense que le TBI change le conteste de classe, c'est un élément de gestion de classe, mais il ne faut pas en attendre plus que ce qu'il peut donner. C'est un outil parmi d'autre, un outil intéressant mais qui ne va pas être d'office... comme je te le disais tout à l'heure, il y a quand même un grand risque dans l'outil informatique de gadgetisation et de pseudo modernisme, on l'a aussi bien avant le TBI, tu peux faire une demi heure d'exerciceur, les élèves sont heureux, les parents sont heureux. Le TBI, c'est pareil. En début d'année, les parents lors d'une réunion, ont demandé à voir ce qu'était ce tableau blanc, et donc lors

d'une réunion un soir, je leur ai montré ; et évidemment, tu émerveilles tout le monde, tu es le meilleur prof du monde bref.

Au niveau des mises en garde il y en a plusieurs, d'abord c'est un outil informatique donc il bug comme les autres, et il faut donc rester zen par rapport à l'outil, d'autre part, il ne faut pas tomber à mon sens dans la gadgetisation, ça peut faire beau. J'ai vu l'autre jour une séance informatique, la personne qui la faite était persuadée d'avoir fait un truc super, en fait il a fait de la technique info, ce n'était pas au TBI, il a fait de la technique info pendant une heure mais pédagogiquement ça ne tenait pas la route ; il y a un risque avec ça, c'est de se réfugier derrière certains outils, c'est joli mais est ce que ça apporte quelque chose ça... le risque c'est que ce soit l'outil qui dicte les scénarios, les dispositifs, alors que ce doit être le contraire. C'est un très gros risque. Je crois également que pour l'exploiter, il faut un certain niveau d'aisance informatique, relativement faible mais quand même. J'ai fait une formation il y a quelque temps sur le TBI, et dedans une prof qui avait un TBI et ne savait par exemple pas transférer un fichier d'une clé USB sur un poste pour te donner une idée ; ça pose un problème , ça faisait deux mois et demi qu'elle avait son TBI, et le copier coller était quelque chose qu'elle ne savait pas faire dans la vie donc il y a des moments où ça peut être intéressant d'avoir ça. Il y a donc quand même un niveau de technicité, faible mais un petit.

On retrouve les mêmes problèmes que pour les séances informatiques, ce n'est pas l'outil qui dicte. Je pense que c'est ça le risque premier.

Q19 : On peut lire dans de nombreux articles, différents avis sur le TBI, avec des titres évocateurs, qui vont de « le TBI, une révolution dans la salle de classe », « Adieu le tableau noir » à « le TBI, un outil qui permet de continuer à enseigner comme avant avec un label TICE » en passant par « le TBI, rien de plus que le bon vieux vidéo-projecteur » Quel est ton sentiment sur chacune de ses affirmations ?

R19 : A la question c'est une révolution, on enlève le R. c'est une évolution, d'autant plus pour les élèves, quant ils sont habitués, ça devient un outil comme les autres., c'est complètement banalisé, le TBI pour l'élève, pour le prof, c'est déjà plus qu'une évolution, c'est indépendamment des problèmes techniques, c'est parfois aussi une autre présentation que tu fais des cours ; ça veut dire que soit tu le traites, alors je ne le traites pas tout le temps avec des paperboard fourni comme ça, parfois ce sont des pages qui s'écrivent au fur et à mesure, ça dépend de ce que l'on est entrain de faire et comment ça se présente, mais quand tu fais des paperboards, c'est une chose que j'aurai du dire dans les mises en gardes, c'est comme quand on fait des séances info, il y a un temps à donner pour ça, ça ne se fait pas comme ça. Alors du point de vue du prof ça peut être une petite révolution ; mais à mon avis dès lors qu'il a cerné un certain nombre de possibilités pédagogiques offertes par les possibilités techniques .

Ensuite adieu le tableau noir , et bien ça remplace pas mal le tableau noir certes, mais je reviens sur les mises en garde, le TBI a une superficie visible qui est limitée, donc a mon sens il n'y a pas à se séparer du tableau blanc traditionnel, à mon avis c'est très complémentaire ;

ça m'arrive d'utiliser le tableau blanc sagement, soit parce que je n'ai plus la place, soit parce que c'est extrêmement temporaire et je vais m'intéresser aux traces que je veux un peu plus définitives. De toutes les façons, ça ne remplace pas, ça complète ; très souvent quand tu fais de la géométrie, tu as une figure géométrique qui est construite, et bien ça prend une place non négligeable du TBI, et donc après, tout ce qui est écriture à cote n'est pas forcément facile à gérer. Donc il y a des moments où tu as besoin de plus d'espace.

Un outil qui permet de continuer à enseigner comme avant avec un label TICE ; oui ça me fait rire ça, on voit bien que c'est un passionné de l'outil informatique qui a écrit cela, c'est un peu caricatural ; mais cela dit, je connais des gens où c'est tout à fait ça, puisqu'ils ne font que projeter au tableau des cours qu'ils ont tapé au clavier et c'est ça leur utilisation ; en fait c'est un tableau blanc, le caractère interactif ne sert à rien ; ça peut donc arriver ça fait partie des risque mais bon c'est très caricatural néanmoins. Et puis rien de plus que le bon vieux vidéoprojecteur : et bien sans le bon vieux vidéoprojecteur, d'abord ça ne peut pas fonctionner, mais ça apporte quand même des choses de plus, il y a des petites fonctionnalités toute simple que l'on ne peut pas avoir avec le vidéo seul, il y a un logiciel qui fonctionne à côté de ça donc. C'est bien plus qu'un bon vieux vidéoprojecteur.

EXTRAIT DE L'ENTRETIEN CONDUIT AVEC JEAN CHARLES

► J'enseigne depuis 78, a peu près 34 ans, toujours au lycée, Je préfère et puis c'est comme ça, on a commencé au coopération au Maroc, où l'on avait des classes de très très bon niveau, puisque le programme était comme les anciens programmes, voilà, avec beaucoup d'algèbre, des choses comme ça.

► Pour ce qui est des TICE, moi, j'ai toujours utilisé les machines, les casios, les TI formelles, avant qu'il y ait l'algorithme, j'utilisais beaucoup la machine, toujours. Alors, avant c'était des plaquettes à rétroprojection, et maintenant on a des émulateurs. Les élèves utilisent beaucoup, on visualise, on va ce qui se passe, conjecturer... Alors après, quand on a eu les salles informatiques, utilisation des logiciels de géométrie, plutôt au départ géoplan, géospace et maintenant de plus en plus géogébra, il y a plus de capacités, il y a le tableur. J'ai vu la version 3D de géogébra, elle est encore buguée... Les figures sont beaucoup plus belles sur géogébra, ça a beaucoup de souplesse. Voilà, alors les tableurs, bien entendu, dès que l'on en a besoin, évidemment, il faut avoir la salle. Alors, le problème, c'est que certaines salles informatiques ne sont pas cablées jusqu'au bout, on n'a pas le réseau, donc on ne peut faire qu'avec ce qu'il y a en interne, ou bien avec ce qu'il y a sur notre ordinateur.

► Donc sur ce qu'est les TICE, moi, je m'en sers beaucoup, très utile pour la visualisation, pour l'aide à la conjecture, à la démonstration, je trouve ça très bien et aussi, pour le contrôle, c'est à dire qu'en ils vont avoir quelque chose à démontrer et ils voient si c'est cohérent par rapport à ce qu'il y a, par rapport à la figure, par rapport à ce qu'il est attendu, etc...au moins, qu'il puisse se dire que là, j'ai fait une erreur, c'est obligatoire, ou bien dans la saisie, ou bien dans la démonstration, mais là au moins...

► Alors formation TBI quasi nulle, on a eu les différents prométhéan, je sais plus ce qu'il a eu encore, smart, il y en a trois, ils sont venus, les commerciaux, la plus efficace c'était promethean, bon voilà, la région était plutôt prométhéan pour avoir un pack, donc on eu ça et après on a été un peu lâché avec. C'était une formation où ce qui voulaient venaient, ce n'était pas une formation dédiée aux mathématiques. Après, on a depuis trois quatre ans, quelqu'un, monsieur Vincent, qui s'occupe du réseau, lui, il fait des formations régulières TBI, de démarrage pour les collègues qui viennent d'arriver. Et on peut lui poser des questions sur le technique de l'outil, logiciel, enfin bon, il ne peut pas y passer non plus trop de temps.

► Donc la formation, moi je trouve qu'à ce niveau là c'est pas assez. Et il faut qu'il y ait une émulation entre collègues sinon pour que ça prenne. Donc formation, émulation entre collègues et euh... je vois, nous avons une collègue qui est arrivée du collège, elle avait toujours la même salle, elle avait son tableau, elle fonctionnait toujours avec et donc c'était normal pour elle de l'utiliser en continue, de stocker, tout était récupérable. Là, du fait de ses ruptures systématiques, ça nous pousse à ne pas l'utiliser en continue ou alors comme un vidéo.

► Moi, j'utilise le TBI depuis trois quatre ans, mais pas de manière systématique. Est-ce

que l'on a été incité par l'institution ? On nous a installé les choses, normal, on essayait d'utiliser l'outil. Et puis voir, voilà, quels avantages on en tire, donc là, la limite, c'est l'utilisation régulière.

► La première année, quand on l'a eu, on a essayé de l'utiliser de manière régulière, mais il fallait changer de classe, changer de salle, et ça, au bout d'un moment, ça devient difficile. Après les collègues avec qui je travaillais dessus sont partis, et là je recommence à l'utiliser depuis que c'est installé dans les deux salles informatiques. Il a fallu attendre qu'ils les installe, puis après il a fallu attendre une histoire de paiement, c'est un détail et puis après on croyait que c'était comme avant, qu'il y avait juste une touche pour le brancher, c'était des branchements en port USB, le problème c'est que on ne l'avait pas dit, c'est bête mais du coup il y avait rien...le précédent il y avait une touche dans le bloc de branchement...

► Le nombre de TBI dans l'établissement est important, puisqu'en mathématique, il y en aura quatre, en physique et SVT, toutes les salles de cours sont équipées. En histoire-géo, il doit bien y en avoir deux ou trois, en SES aussi, en philosophie deux, en Français un ou deux, enfin bref, il y a un gros parc de TBI. La dernière fois, la dotation était de 10 TBI. Là où à mon avis ils l'utilisent au maximum de ses capacités, c'est plutôt en physique et SVT, alors je dis pas que tous le font, mais...parce qu'il ont vocation d'intégrer des animations des petits films des trucs comme ça. En maths, c'est pas une pratique courante, autant on va utiliser plusieurs logiciels, autant on va pas faire un petit bouton pour faire apparaître...on va cliquer ailleurs quoi et puis c'est tout quoi. Après, je ne dis pas que c'est pas bien, mais pour ma part, ce n'est pas un usage courant. C'est la nouveauté, uniquement la nouveauté qui m'a poussé à l'utiliser, je voulais savoir à quoi ça servait par rapport au reste. Je voulais savoir par rapport à ce que j'utilisais d'habitude, quel était le bonus, qu'est-ce que ça pouvait rajouter voilà, quelle était la souplesse, qu'est-ce que ça permettait ? Et j'ai bien vu que ça permettait de stocker des exercices, ok, et que ça permettait de rendre plus fluide l'utilisation combinée des éléments.

► Le fait que l'on est un grand panorama de possibilités, et de les découvrir au fur et à mesure. On les découvre au fur et à mesure, si il y a une rupture de quinze jours, les automatismes ne sont plus là, donc en gros, on se cantonne à l'utilisation des choses de base, comme les photos, l'annotation sur le bureau, les traits, les grilles, des choses dont on se souvient facilement. La difficulté est dans la continuité de la découverte des choses. Et au départ, dans la première version que l'on avait, on avait des choses que l'on obtenaient sur clic droit, c'était activ-studio le premier, honnêtement, pour se souvenir où c'était, c'était vraiment pas clair. C'est pas ergonomique, on était là, ah mince, où est-ce que je l'ai déjà ce truc. Alors heureusement que l'on était deux trois au début à manipuler un petit peu pour essayer de s'aider. Et parfois c'était un frein à l'utilisation devant les élèves. Parfois certains stylos avaient tendance à se décalibrer, on appuyait, pouf, ça arrivait au dessous, là maintenant les nouveaux, il y a bien le truc en haut pour bien calibrer, le vidéo est juste au dessus du tableau avec une focale très courte. Il n'y a plus de problème de calibrage ou alors on le recalibre direct en mettant le stylo devant la petite pastille, ça fait apparaître

le calibrage aussitôt et là on peut récupérer un calibrage correct. Mais il a tendance à se décalibrer encore. Par contre au niveau de l'installation, on nous l'a installé sans nous dire voilà ça marche comme ci comme ça, et moi, j'ai essayé d'améliorer la surface projetée et j'arrive pas à un rendement merveilleux. C'est des détails.

Comme le cours n'est pas complètement intégré au TBI, pour les élèves, c'est un petit détail, enfin, ça ne les change pas. Disons que si on l'utilise en classe entière, ils sont tous là les trente cinq, ça change rien, la première année, on l'utilisait suffisamment souvent pour qu'ils l'utilisent eux même, pour l'annotation, c'était d'ailleurs souvent des élèves qui avaient déjà utilisé ça, qui voulaient y aller spontanément, au tableau, il avait l'habitude, en tout cas, ce n'était pas un usage fréquent.

► C'est à dire les grilles pour reproduire très rapidement des exercices sur les vecteurs par exemple, les flèches de couleurs pour montrer les différentes composantes des vecteurs. Une des séquences qui était pas mal, moi je trouve, c'était pour la géométrie dans l'espace, section d'un cube par exemple un peu complexe, avec le logiciel géospace qui fournissait des étapes de calcul, donc on faisait une photographie a tel moment, on mettait de côté et puis l'élève justifiait la partie qui était demandé à ce niveau là. Après on pouvait passer à l'autre, on évoluait un petit peu, et puis comme ça, on pouvait avoir la rédaction de la section du cube. Là, c'était assez intéressant, après en comparaison de ce que ferait la même chose avec uniquement un vidéo...On peut pas dire que ça apporte un plus, euh...sauf que on peut le garder, on peut y revenir dessus, et si on est en continue, le récupérer, l'éditer, enfin bon. Je n'ai pas utilisé l'outil mémoire. Honnêtement, je ne sais même pas à quoi ça sert....ah oui, oui, sauvegarder un fichier, ah oui, mais non, je ne l'ai pas fait parce que je ne l'ai pas en continue. Ce qui fait que je ne récupérait pas ce que j'avais fait le mardi pour le continuer le mercredi. C'était vraiment tout morcellé. Elle n'est pas exploité mais c'est pas très étonnant, quand on fait des exercices un peu différent, on ne revient pas forcément tout le temps dessus.

► Il faudrait que ce soit des fonctionnalités que j'ai vraiment connu. C'est le vrai problème. Disons que tout ce qui est boutons pour lancer quelque chose, je ne l'ai pas utilisé. C'est à dire intégrer quelque chose et à tel endroit avoir besoin d'un tableur, juste cliquer dessus pour faire apparaître le tableur, ce côté un petit peu merveilleux, je ne l'ai pas utilisé, donc je ne peux pas dire qu'il y est une difficulté. Je l'ai vu vaguement utilisé sur des petits trucs de formation, c'était plutôt en physique ou ne SVT, en compte rendu d'expérience. On a pas les activotes.

► Le rideau, encore faut-il que je rétroprojette un texte d'exercices, admettons que j'ai la solution en dessous, je les fais travailler et puis je reviens, etc. Cacher une solution d'exercice, une partie de figure. le zoom, non. Ou alors ce serait pour projeter le livre interactif mais il y a déjà dans le logiciel de livre un outil zoom, pour sélectionner un exercice, le faire apparaître.

► J'utilise pas beaucoup le manuel numérique, alors celui de seconde, il est entièrement sur une clé, ça, ça va. Celui de première S, il y a des problèmes de licence. On a reçu des possibi-

lités pour l'utiliser mais alors c'est une histoire difficile pour l'installer sur le réseau. L'usage du manuel, uniquement zoom sur l'exercice, avec de grandes figures, récupérer les figures, mais je ne m'en sert pas beaucoup. Les ressources que j'utilise avec le TBI, je n'utilise pas de ressources déjà prêtes. Moi, je ne me sert jamais de l'imprimante.

► Non, pas de copies d'élèves. Disons que si on veut faire très rapidement un exercice de statistique, on peut leur demander de dire combien ils ont de frères et soeurs, et on va le mettre directement dans la machine.

► On a déjà sur des livres des tas d'exemples, on va dire par exemple voilà, le professeur a eu cette réponse, alors critiquons la solution. Alors on le fait, je sais pas si c'est vraiment un plus. Chaque fois qu'un élève passe au tableau pour faire un exercice qu'ils avaient à préparer, ils le font à deux en même temps, pas sur le TBI, le TBI n'apporte pas vraiment de plus si c'est pour faire uniquement une transcription. En fait, je ne l'utilise pas beaucoup comme surface d'écriture, elle est plutôt reléguée au tableau. Si il est bien calibrer ça va pour écrire, mais si jamais il est mal calibré, alors c'est une vraie galère. Moi, j'ai une petite tablette qu'on nous avait donné au début, et vraiment ça va pas, écrire c'est n'importe quoi. C'est pas mal pour s'entraîner à la saisie, clic gauche clic droit, mais c'est franchement limité.

► Alors, moi je trouve que c'est très vivant au niveau de l'utilisation d'un émulateur de calculatrices, parce que l'on fait au tableau directement ce que font les élèves, mais là c'est comme une souris, le TBI n'intervient pas plus que le reste. Donc l'utilisation de ça comme une souris c'est vraiment bien parce que les élèves font la même chose et on peut le faire au même rythme. Hier, par exemple, j'avais à finir une activité sur une question d'aire, qui était tout simplement sur une fonction du second degré, sur 0 et 9, ça faisait comme ça, et introduire la notion de sens de variation. Donc sous TI 81,2 ou 3, il y avait la figure, l'élément et donc on est passé à notation et on a fait symbolisme, les flèches, etc et reproduire à côté sur le tableau normal le tableau de variations. C'était assez visuel. On pouvait utiliser de la couleur, changer des flèches. Et donc, ?pareil ,transcription de ce que ça va être d'être strictement croissante, avec le visuel, petit a petit b sur un intervalle, où sont les images, etc...

► Honnêtement je ne vois pas de notion qui ne s'y prêterait pas. Dans la mesure où en mathématique, on utilise tout ce qui est graphique, je ne vois pas un seul chapitre sans, je ne vois pas pourquoi on ne devrait pas l'utiliser. Donc tout ce qui est gros consommateur de graphique de figure, de géométrie, les fonctions et tout ça, c'est particulièrement intéressant.

► Pour le moment et pour l'essentiel, je m'en suis servi pour les activités, par exemple d'introduction, ou bien en géométrie, dans la production d'étapes successives . Des exercices de géométrie oui, mais qui méritaient une résolution étape par étape, qui n'étaient pas spontanée. Pour le cours, je ne m'en suis pas servi. Le cours que j'ai déjà, il est par activités et je ne vais pas introduire le TBI dans le cours lui-même. Je l'utilise à côté sans qu'il soit intégré. C'est pour ça que je vois bien que je ne suis pas un utilisateur fréquent ni expérimenté. Je l'utilise un peu mais je ne me considère pas comme expérimenté.

► Le fait de l'avoir plus fréquemment peu être utile. Si on voit que c'est efficient, efficace,

que c'est mieux qu'un vidéo amélioré, après ça devient naturel. Alors maintenant moi, j'avais trouvé que sur le logiciel de démarrage, que ce soit studio 2 ou le récent, je trouvais que ce n'était pas facile d'importer un fichier word. Alors mon collègue Vincent, lui m'a dit qu'il utilisait InterWrite, et je viens de le charger et là on a l'impression que l'on importe très facilement son cours. On a pas besoin d'une gestion difficile, on arrive de suite avec le cours et j'ai l'impression que l'on va pouvoir annoter, compléter facilement ça. Par exemple, il peut y avoir en terminal des résultats qui sont donnés...on vous dit vous ferez la démonstration, etc, ou vous avez tel complément, là on peut mettre une page à côté et faire le complément en question. Avec ce logiciel, on peut lancer un fichier word, alors qu'avec l'autre, je ne sais pas le faire, ça ne veut pas dire que ce n'est pas faisable. Mais là c'est clair, il y a déjà de tout prêt, il y a l'icône, on peut lancer Excel. Par contre je viens à peine de la charger, donc, faut voir.

► Nous on a quasiment dans toutes les salles des vidéos. Et donc on va utiliser beaucoup la machine, beaucoup les LGD, ça c'est clair. C'est plutôt moi qui utilise le TBI. Après pour les logiciels, ils peuvent faire sur les LGD, et même la figure, c'est possible, ça ne change pas, sauf que la figure, elle est jolie, elle est a priori bien correcte.

► Le problème, c'est que c'est moi qui va leur apprendre, donc je leur apprend ce que j'utilise, pas plus. Mais eux, franchement, ils n'ont pas vraiment de difficulté. Je vois par exemple, l'année dernière, ça n'a rien à voir mais bon, on leur a permis à utiliser l'équivalent d'un powerpoint sur openoffice, la classe était bonne, mais en une heure, ils savaient utiliser le b-a-ba de ce logiciel, ça ne leur a posé aucun problème. Ils ont fait des petits exposés avec, ils savaient franchement très bien l'utiliser. Pour le TBI, cette année, ils ont plutôt l'usage comme une souris. Et plutôt les secondes, parce que les terminales S, c'est plutôt la course.

► Très nettement, en terminale S on utilise la base, les machines, les programmes, les algorithmes, les tableurs et le LGD si ça s'y prête. Chez les secondes il y a beaucoup plus de manipulations, déjà on va faire beaucoup plus de géométrie, on va avoir un peu plus de temps...mais je vois hier, on faisait tout ce qui était Euler, tableur etc, et bien on a fait une heure de manipulation de tableur pour l'essentiel, c'est bien mais bon, il y en avait qui avaient absolument l'habitude du tableur, bon ça marche vite, et d'autres, il fallait expliquer tout depuis le départ.

► Disons que pour ce qui est d'une utilisation comme vidéo amélioré, ça peut être en classe entière, ça ne pose pas de problème. Le tableau est là, on visualise, on passe d'une application à l'autre. Pour ce qui est de l'utilisation de l'outil par certains élèves, là c'est mieux en groupe.

► A l'heure actuelle, sur le TBI, on doit être deux à l'utiliser en tant qu'objet supplémentaire. Sinon, les gens utilisent l'installation comme un vidéo.

► Je ne suis pas aller chercher des séances ou des cours déjà faits.

► C'est la possibilité d'intégrer tous les aspects des TICE dans un ensemble plus fluide, d'en conserver et d'en éditer le contenu. Pour moi, c'est le seul argument qui fait la différence avec un usage simple, en vidéo. Le professeur a la main et il peut compléter. C'est à dire

que sur une figure, même avec l'outil je sais pas légende, le problème est que c'est rigide... C'est la possibilité de faire un commentaire sur un objet que l'on a bati. Je trouve que c'est l'argument le plus important.

► Maintenant c'est plutôt de se dire on a un très bel outil et on l'utilise très peu. On en est là aujourd'hui, quand je vois que sur treize collègues, on est deux à l'utiliser de manière...un peu, et que beaucoup ne l'utilise pas ou pas vraiment comme objet. Moi, je trouve que je ne l'utilise pas assez comme ça devrait l'être. C'est un investissement au niveau du contenu, il faut le traduire, c'est pas un peu, c'est beaucoup. En quoi je serai plus efficace avec.

► L'utilisation du TICE a profondément modifiée l'enseignement des mathématiques, permettant l'usage des calculatrices programmables, les LGD, les tableurs. Idéalement, je voudrais que le TBI puisse améliorer cette situation.

► Non il n'y a pas eu de modification de scénarios

► Pour moi non. C'est un plus, une révolution, il faudrait vraiment que je l'utilise à fond. Ce qui n'est pas le cas.

► On n'en est pas la du tout. On a la chance d'être dans un lycée où on a la possibilité d'accéder à tout ce que j'ai dit.

► Oui on est plus proche de cela. Mais c'est le comme avant qui m'interpelle. Non, c'est pas comme avant du tout, c'est avec les outils actuels mais guère plus pour le moment.

► C'est un peu plus. Pour le moment, on en est à peine dans le un peu plus pour ma part.

► Oui, si j'avais le vidéo-projecteur, mais le TBI apporte un peu plus. Honnêtement pour l'utilisation de l'émulateur et des logiciels, c'est pas mal. Je trouve ça pas mal du tout. Mais bon voilà.

► Moi, j'ai trouvé que c'était embêtant d'importer quelque chose. Après je répète, si on avait une vraie formation, mais on ne l'a pas. Je trouve que l'on a un outil vraiment performant et une formation qui...Il faut vraiment se former tout seul.

Annexe H

Articulation entre cadres et registres

Nous apportons quelques précisions concernant l'usage des concepts de cadres et de registres dans notre travail. Il s'agit ici de reprendre sommairement ces éléments théoriques en les articulant en fonction dont nous envisageons de les utiliser.

Régine Douady (1986) introduit la notion de cadre en didactique, issue en partie de l'observation du travail du mathématicien. Elle définit un cadre comme un ensemble "*d'objets, d'une branche des mathématiques, des relations entre ces objets, de leurs formulations éventuellement diverses et des images mentales associées à ces objets et relations*"(p.10-11). Cette notion trouve tout son intérêt lors de changements de cadres, dans la mesure où l'interprétation d'un problème posé dans un cadre donné dans un autre cadre judicieusement choisi ouvre souvent des moyens d'action et d'avancée dans la résolution du problème inaccessibles dans le cadre initial. Douady (*ibid*) a appelé jeux de cadres les changements de cadres organisés par l'enseignant à des fins d'apprentissage, ils permettent "*d'élaborer une filiation de questions pertinentes par rapport au problème posé*". (p. 21)

La notion de registre de représentation sémiotique a été développée par Raymond Duval (1993, 1995) dans une perspective cognitive. Il met en avant l'existence d'un paradoxe cognitif de la pensée mathématique : "*Nous sommes donc en présence de ce que l'on pourrait appeler le paradoxe cognitif de la pensée mathématique : d'une part, l'appréhension des objets mathématiques ne peut être qu'une appréhension conceptuelle, et d'autre part, c'est seulement par le moyen de représentations sémiotiques qu'une activité sur des objets mathématiques est possible. Ce paradoxe peut constituer un véritable cercle pour l'apprentissage*"

Pour Duval, la possibilité d'effectuer des traitements sur les objets mathématiques dépend directement du système de représentation sémiotique utilisé¹, ce qui lui permet de juger essentiel dans l'activité mathématique, la capacité à mobiliser différents registres de représentation sémiotique, c'est-à-dire différents systèmes de signes, et à changer de registres de représentation sémiotique. Ainsi, il caractérise un registre de représentation sémiotique comme un ensemble de signes devant permettre les trois opérations fondamentales suivantes :

1. Il fournit l'exemple du calcul numérique pour étayer ces propos

la formation de représentations dans le registre, leur traitement à l'intérieur du registre, la conversion vers un autre registre de représentation.

Ce que nous retenons des concepts de cadres et de registres dans notre travail est présenté ci-dessous. Pour nous, les concepts de cadre et de registre ne se recouvrent pas, mais au contraire, ils se complètent pour permettre l'analyse didactique des objets en jeu dans une situation d'apprentissage. Nous parlerons par exemple d'un cadre algébrique, d'un cadre géométrique en relation avec leurs contenus et leurs vocabulaires. Le terme registre, quant à lui, n'est pas lié à des objets ni à des concepts particulier, il résulte d'une perspective sémiotique. Ainsi, on ne parlera pas de registre de la géométrie mais de registre graphique, qui sera caractérisé non pas par le contenu mathématique mais par des éléments de type sémiotique² (présence d'un repère, d'un quadrillage, d'une droite...). Précisons alors que dans cette perspective, plusieurs cadres peuvent utiliser le même registre et que le travail dans un cadre mobilise généralement plusieurs registres. En particulier, comme un cadre est constitué notamment des représentations des objets mathématiques, nous pourrions considérer les registres en référence à un cadre. Ainsi, en poursuivant l'exemple du cadre algébrique, les principaux registres de représentation sémiotique pourront être le registre du langage naturel, le registre symbolique, le registre des tableaux ou encore le registre graphique.

?Plus précisément, concernant notre étude, quand il sera question par exemple d'algèbre et de fonctions linéaires et affines, différents cadres pouvant être mis en interaction (passage d'un cadre à l'autre pour résoudre un problème) pourront être envisagés : parmi les principaux, nous trouvons par exemple, le cadre des grandeurs, le cadre algébrique, le cadre arithmétique, le cadre fonctionnel.

2. Notons que l'option prise ici se différencie de celle prise dans les documents d'accompagnement des programmes, lesquels considèrent par exemple concernant la proportionnalité, le cadre graphique

Annexe I

Analyse de la conception

Un exemple de conception de Bernard

Première étude : regard sur la situation mathématique

La situation proposée à l'étude dans une classe de quatrième de collège s'intitule "activités mentales - écritures littérales". Cinq questions composent l'étude, posées dans un cadre algébrique et formulées dans le registre symbolique littéral. Nous les listons ici. Il s'agit :

- de choisir parmi trois expressions littérales $3ab$; $0,5ab^6$; $6,5ab$ celle égale à l'expression suivante : $0,5ab \times 6$
- d'identifier parmi quatre expressions $0,5bcd$; $0,5cd$; $\frac{dc}{2}$; celles représentant l'aire d'un triangle rectangle dont les mesures des longueurs des côtés sont données : d,c et b (b représentant l'hypoténuse du triangle rectangle)
- de vérifier si l'égalité $(n + 1)^2 - n^2 = 2n + 1$ est vérifiée pour $n = 5$
- de vérifier si l'égalité $(n + 1)^2 = n^2 + 1$ est vraie.
- d'identifier parmi trois expressions n^2 ; $2n$; $4n$ celle donnant le nombre de carreaux de côté 1 pavant un carré de côté n (ou le cas échéant, d'indiquer qu'on ne peut pas statuer sur la réponse)

La situation mathématique mobilise des connaissances et compétences anciennes, certaines d'entre elles relevant de la classe de cinquième ("tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques"). Les expressions algébriques en jeu dans cette situation le sont sous leur aspect procédural¹ et la situation proposée est l'occasion de revenir sur le statut du signe égal et l'utilisation de la lettre en algèbre. Plus dans le détail des questions posées,

1. Notons que dans la deuxième question, la description dans le registre du langage naturel de l'expression de l'aire d'un triangle rectangle - demi produit des côtés adjacents de l'angle droit - peut conduire à la considérer sous son aspect structural, cependant, il semble que cette description soit majoritairement évoquée par les élèves de la façon suivante : côté fois côté divisé par deux, ce qui renvoie à l'aspect procédural de l'expression.

- concernant la première d'entre elles, il est possible de conduire sa résolution dans le registre symbolique littéral, la réussite de cette tâche reposant alors sur la compréhension des règles de convention d'écriture du calcul littéral (absence des opérateurs "fois"...) et sur la commutativité de la multiplication. Deux des propositions de réponses renvoient d'ailleurs respectivement à la confusion entre les signes "multiplication et puissance" et entre les signes "multiplication" et "addition". Une stratégie numérique peut être également utilisée, en faisant l'hypothèse supplémentaire qu'une des propositions faites est solution du problème. Il s'agit alors de substituer des valeurs judicieusement choisies ($a = b = 1$ convient) aux lettres qui figurent dans les expressions afin d'écarter deux des propositions.
- un travail similaire est demandé dans la seconde question posée, cependant une initiative supplémentaire est nécessaire : la situation s'appuie sur un contexte géométrique, il s'agit de passer de l'expression de l'aire d'un triangle rectangle dans le registre du langage naturel à celle exprimée dans le registre symbolique littéral. Deux des quatre expressions candidates sont solutions du problème² : $0,5cd$; $\frac{dc}{2}$. Comme précédemment, une stratégie numérique est envisageable.
- les deux questions suivantes abordent explicitement la question de l'équivalence de deux expressions algébriques. Il s'agit dans l'une de vérifier une égalité algébrique pour une valeur donnée de la variable. Dans l'autre, il s'agit d'exhiber une valeur de la variable permettant d'invalider l'égalité algébrique. Chacune des questions est d'ailleurs l'occasion à travers une rédaction du type $(3 + 1)^2 = 3^2 + 1$; $16 = 10$ de pointer sa validité mathématique et de consolider le statut du signe égal dans des expressions algébriques. Un traitement dans le cadre géométrique de ces questions est également possible à partir de considérations d'aire d'un carré de côté $n + 1$
- la dernière question renvoie quant à elle à l'expression de l'aire d'un carré dont la longueur du côté est n

Notons enfin que la tâche renvoyant au calcul de la valeur prise par une expression lorsqu'on substitue des valeurs données aux lettres qui y figurent est potentiellement largement convoquée dans les questions posées. Nous revenons sur ce fait ainsi que sur la chronologie des questions soumises à l'étude dans l'architecture fondamentale du jeu.

Seconde étude : l'architecture fondamentale du jeu

La documentation à destination de l'élève

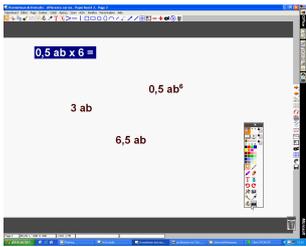
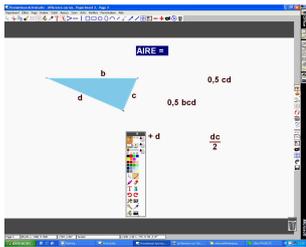
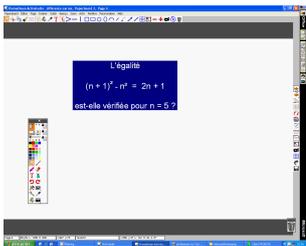
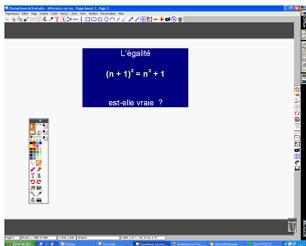
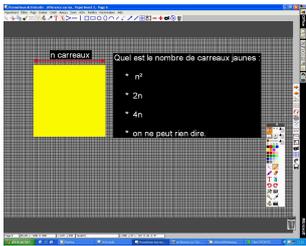
Aucun énoncé n'est distribué aux élèves. Ces derniers disposent de leur seul cahier sur lequel ils peuvent librement noter leur recherche (et contrairement à ce que pourrait laisser suggérer l'intitulé de l'activité)

La documentation à destination du tableau numérique

2. Leur équivalence reposant sur l'égalité $0,5 = \frac{1}{2}$ et les règles de transformations d'un produit d'un nombre par un quotient.

Le paperboard

Cinq pages composent le paperboard élaboré pour la séance

PAPERBOARD	
PAGE N°1	PAGE N°2
<p>La première page comprend l'énoncé de la première question et les trois réponses proposées</p> 	<p>La seconde page est constituée de l'énoncé de la seconde question, des quatre propositions de réponses et du dessin d'un triangle rectangle</p> 
PAGE N°3	PAGE N°4
<p>La troisième page présente l'énoncé de la troisième question : "l'égalité $(n + 1)^2 - n^2 = 2n + 1$ est-elle vérifiée pour $n = 5$?"</p> 	<p>La quatrième page présente l'énoncé de la question : "l'égalité $(n + 1)^2 = n^2 + 1$ est-elle vraie?"</p> 
PAGE N°5	
<p>La cinquième page est composée de l'énoncé du problème, des propositions et d'une illustration géométrique de la situation</p> 	

L'architecture fondamentale du jeu

Avant de débiter cette analyse, précisons les deux faits suivants : d'une part, l'intitulé "activités mentales" repris par l'enseignant, renvoie à un dispositif à l'initiative de l'inspection pédagogique régionale de Mathématiques d'Orléans-Tours. L'un des objectifs poursuivis dans ce projet est de développer des activités mentales moins élémentaires mettant en jeu

des propriétés mathématiques, ces gammes aidant à mesurer la portée des outils mathématiques sollicités et à s'appropriier une variété de techniques qu'ils sous-tendent. Pour cela, la réponse fournie par le projet s'appuie sur un travail personnel des élèves à partir de fiches d'entraînement fournies par le professeur, cet outil devant permettre aux élèves de s'entraîner à leur rythme, de s'auto évaluer et de se sentir rassurés par le cadre ainsi délimité ?.

La séance proposée ici par l'enseignant propose d'organiser une adaptation de ce type de travail dans le contexte de la classe. D'autre part, parmi les expressions littérales proposées, certaines ont été rencontrées par les élèves durant la quinzaine précédente et avaient posé problème à quelques élèves.

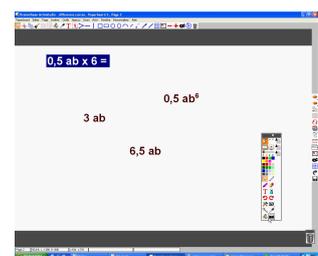
Cinq phases, construites sur un même format apparaissent dans l'architecture fondamentale du jeu : il s'agit d'instituer successivement cinq jeux et d'orchestrer leur institutionnalisation au tableau. Nous les examinons ici plus dans le détail :

- Un premier élément que nous pouvons pointer relève de la chronologie des jeux retenue par l'enseignant. L'ensemble des questions posées est susceptible de convoquer un même genre de tâche, celui relatif à la vérification de la non équivalence de deux expressions algébriques, et avec lui, un élément de la technique associée dans le cadre algébrique : la substitution (les troisième et quatrième questions de manière explicite, les deux premières dans la gestion de potentiels jeux attachés à disqualification de certaines expressions algébriques proposées). La présence cependant dans les deux premières questions d'expressions renvoyant à des erreurs d'une certaine façon prototypiques³ et liées en particulier à la définition de la puissance d'un nombre (confusion entre $0,5ab \times 6$ et $0,5ab^6$) souligne que c'est un jeu, autour, non pas que de la substitution, mais également autour d'une rencontre avec ces erreurs qui apparaît être aussi anticipé par Bernard dans la conception⁴.

Reste qu'une disqualification des expressions candidates à l'équivalence au sein de l'unique registre algébrique formel est problématique et reviendrait à tenir un discours du type "deux expressions ayant des formes différentes sont non équivalentes, ce qui est pour le moins à questionner. Du point de vue de la conception, si l'intention d'aménager un espace d'accueil d'erreurs repérées d'élèves est poursuivie, c'est la question à la fois de la régulation et de l'institutionnalisation du jeu construit qui se pose.

- Concernant la troisième et la quatrième pages construites, elles font apparaître l'énoncé des questions dans le seul cadre algébrique.
- La dernière page du paperbord aménage quant à elle une formulation de la question posée dans un cadre géométrique. Le rôle de certains éléments constitutifs de cette page demeure cependant difficile d'accès du point de vue des intentions de l'enseignant.

Il en va de la présence de quadrillage sur cette page. Relève t'il ainsi d'une tentative de problématisation de la tâche en simulant l'impossibilité d'une technique de dénombrement des carreaux et d'une certaine façon de légitimation du passage à l'algèbre ?



3. En tout état de cause, des expressions choisies par Bernard car repérées comme problématiques dans le travail conduit précédemment en classe.

4. C'est d'ailleurs précisément ce que révélera la gestion effectif du jeu in situ.

(dans un tel cas, ce choix apparaît alors plus esthétique qu'opérateur). La présence du carré jaune est quant à elle l'occasion de revenir sur la distinction entre l'expression algébrique de l'aire et du périmètre d'un carré de côté n (par ailleurs proposée dans les différents choix possibles d'expressions)

Troisième étude : l'analyse critériée de l'activité de conception

Critère n° 1 : l'utilisation de l'environnement auteur du logiciel du tableau

La conception est ici conduite intégralement dans l'environnement auteur du logiciel du tableau, il n'y a en particulier pas d'externalisation de cette conception dans des logiciels tiers. Les fonctionnalités utilisées demeurent cependant rudimentaires : texte, dessin, éléments déplaçables.

Critère n° 2 : complémentarité de la documentation construite pour la classe

On constate ici l'absence de documentation élève. Ces derniers disposent en revanche et contrairement à ce que pourrait laisser entendre l'intitulé de l'activité (activités mentales), de leur cahier pour conduire leurs travaux. L'ensemble des énoncés est uniquement visible au tableau, chacune des questions étant présentée sur des pages distinctes. Une lecture chronogénétique des intentions portées dans la configuration didactique retenue par l'enseignant est ici claire : elle permet un contrôle par l'enseignant des moments d'institution et de dévolution des différents jeux prévus. D'autre part, l'absence de documentation élève et donc d'un "milieu" qui serait possiblement une réplique de celui visible au tableau n'apparaît pas problématique compte tenu du faible potentiel de rétroaction que ce milieu propose (ce qui par ailleurs conforte notre analyse précédente sur la présence du quadrillage dans la dernière page du paperboard et de sa seule fonction au service de la problématisation à minima de la tâche proposée.)

Critère n° 3 : nouveauté de la situation étudiée

Comme nous l'avons pointée précédemment, cette situation est une adaptation en classe d'un dispositif existant. Elle ne présente pas fondamentalement de caractère de nouveauté, ni dans son élaboration, ni dans les choix aménagés du parcours de son étude.

Critère n° 4 : possibilités de changement de cadres et/ou de registres

Les questions proposées à l'étude le sont dans un cadre algébrique et formulées dans le registre symbolique littéral. Notons que le cadre algébrique exploité ici n'est pas celui des équations et des inconnues, mais plutôt celui des formules et des variables. Si le cadre géométrique est présent dans la formulation de certaines questions, il n'apparaît pas être pensé dans la conception comme un outil au service de la résolution des tâches proposées. En particulier, c'est un traitement de la troisième et de la quatrième question dans le seul cadre algébrique qui semble prévu, et en tout état de cause, aucun indice dans la conception (lien vers une autre page, etc...) ne laisse apparaître un changement de cadre de résolution des questions (notamment l'exploitation potentiel du cadre géométrique)

Critère n° 5 : place accordée à l'élève

Plusieurs éléments témoignent de la présence de l'élève dans l'activité de conception conduite par l'enseignant. D'une part, un espace d'accueil est aménagé au tableau dans chacune des pages pour accueillir le travail des élèves et certains éléments textuels sont rendus déplaçables pour pouvoir renseigner les différentes réponses. Mais cette prise en compte de l'élève est également présente dans le choix des questions posées. En particulier, les propositions de réponses à certaines questions sont construites pour permettre d'aménager une nouvelle rencontre avec des erreurs antérieurement commises par les élèves. Notons enfin que le temps prévu pour organiser l'étude de ces cinq questions est d'une heure, ce qui laisse apparaître un aménagement a priori conséquent de la part de responsabilité mathématique laissée à l'élève dans ce travail.