

CONFÉRENCE N°3

ASSOCIER UN BOULIER ET UNE CALCULETTE : VISUALISATIONS ET GESTES DANS L'APPRENTISSAGE DU CALCUL, SCOLARISATION DES INSTRUMENTS

Éric BRUILLARD

Professeur des universités
STEF, ENS de Cachan et Institut français de l'éducation
Eric.bruillard@ens-cachan.fr

Résumé

Si un instrument d'écriture a pu avoir un effet important sur le curriculum dans l'apprentissage du calcul, qu'en est-il des instruments mêmes de calcul au centre des apprentissages à l'école primaire ? Nous commencerons par présenter un curieux instrument, mélange de boulier et de calculatrice et nous essayerons de détailler les éléments de réflexion soulevés par celui-ci pour discuter un modèle de la scolarisation des instruments dans le système éducatif français. Nous examinerons enfin des spécificités liées à l'informatique sous-jacentes aux nouveaux instruments.

I. INTRODUCTION

« Les plumes métalliques procurent une grande économie de temps, ainsi ont-elles fait invasion dans presque toutes les écoles. C'est là un mal dû à la paresse des instituteurs. La plume d'oie, par son élasticité, par la facilité avec laquelle on la taille pour tous les genres d'écriture, et par son prix modéré, a une supériorité incontestable. Néanmoins, on peut autoriser les plumes métalliques pour les dictées et les devoirs qui se font à la maison. »

Cette citation est tirée d'un bulletin de l'APMEP (Association de professeurs de mathématiques de l'enseignement public) daté de 1979 et consacré aux calculatrices 4 opérations à l'école primaire (AMPEP 1979, p. 9). Elle serait extraite d'un cours de pédagogie professé sous Louis-Philippe à l'École Normale de Rennes (Promotion 1846-1848). Bien évidemment, il s'agit pour les auteurs de ce bulletin de faire un lien entre le passage de la plume d'oie à la plume de fer et l'utilisation naissante des calculatrices à l'école. Cela peut être interprété comme la mise en évidence des résistances surannées à l'apport de nouveaux instruments, que l'on retrouve de manière récurrente (voir par exemple Tournès (2007, p. 41).

Cette querelle des défenseurs de la plume d'oie ferait penser à une vision romantique, les défenseurs du passé et de la tradition opposés aux modernistes à tout crin. Deux éléments caractéristiques sont à souligner. D'abord, l'accusation portée sur les enseignants (et leur prétendue « paresse »), pris comme boucs émissaires. Toutefois, au cours du temps, l'enseignant peut être tout autant considéré comme résistant, défenseur du passé et tenant de l'immobilisme (refusant les technologies qualifiées de nouvelles), que comme un passeur trop pressé, abandonnant les activités traditionnelles jugées essentielles. Cela tient au fait que tout changement d'instrumentation a des effets contrastés. D'abord, minimisant la dextérité requise auparavant, elle ouvre de nouveaux possibles et permet la mise en place d'activités nouvelles. Mais elle incite souvent à aller trop vite, offrant des processus plus rapides et plus faciles à mettre en œuvre, enlevant des occasions d'apprendre.

Une question reste ouverte : faut-il restreindre l'usage d'un nouvel instrument à des tâches très circonscrites. Est-ce obligatoire dans une période de transition ? En fait, c'est ce que l'on a pu constater

maintes fois, notamment s'agissant des calculettes : certains enseignants (bien évidemment pas tous) souhaitant limiter leur utilisation à la seule vérification de calculs faits auparavant à la main (Bruillard, 1994).

Toutefois, avec les plumes de fer, la distance historique nous permet de constater d'autres effets. Ainsi, selon Lavoie (1994, ch. 9-2), qui a fait une étude sur l'introduction de l'arithmétique dans les écoles canadiennes, la disparition de la séquence hiérarchisée traditionnelle lire-écrire-compter est due au développement de l'enseignement simultané et à la diffusion des plumes de fer. Un effet fondamental sur l'enseignement de l'arithmétique s'est ainsi opéré : on a pu commencer l'arithmétique plus tôt dans la scolarité.

Mais si un instrument d'écriture a pu avoir un effet important sur le curriculum dans l'apprentissage du calcul, qu'en est-il des instruments mêmes de calcul au centre des apprentissages à l'école primaire ? Nous commencerons par présenter un curieux instrument, mélange de boulier et de calculette et nous essayerons de détailler les éléments de réflexion soulevés par celui-ci pour discuter un modèle de la scolarisation des instruments dans le système éducatif français. Nous examinerons enfin des spécificités liées à l'informatique sous-jacentes aux nouveaux instruments.

II. UN INSTRUMENT DE CALCUL SCOLAIRE INATTENDU

Quand on s'intéresse aux instruments de calcul, une grande multiplicité d'objets apparaît. On va se focaliser sur deux d'entre eux, le boulier et la calculatrice. S'il y a différents types de bouliers, une plus grande uniformisation existe pour les calculatrices ou plus exactement les calculettes.



Figure 1. Un boulier et une calculatrice ²⁰

Lors d'un colloque IREM qui s'est déroulé à Lille en juin 2008, Dominique Tournès a présenté différents instruments mathématiques. L'un d'entre eux était une sorte de mélange entre un boulier et une calculette (figure 2).



Figure 2. Un curieux instrument présenté par Dominique Tournès (2007)

Bien évidemment, face à une telle image, on s'interroge sur l'existence effective de ce qui est montré : ne serait-ce pas un astucieux montage ? Selon Tournès, l'instrument aurait effectivement existé et aurait été

²⁰ <http://www.billards-benard.com/notre-catalogue/29-accessoires/26-boulier.html>
<http://fr.wiktionary.org/wiki/calculatrice>

utilisé dans des classes primaires en Corée. Un peu plus tard, j'ai eu l'opportunité de travailler avec des chercheurs coréens et je leur ai montré cette photographie afin de savoir s'ils n'auraient pas eu connaissance d'un tel objet. Une brève recherche sur Internet leur a permis de localiser cet objet, qu'ils ont pu acquérir. Ils me l'ont donné. Il est présenté figure 3.



Figure 3. Le boulier calculatrice vendu en Corée par la société Sharp

Pour donner au lecteur une idée plus précise de la taille de cet objet (30 cm de long et 8,5 cm de large), une autre photographie a été prise ajoutant un crayon (outil d'écriture encore plus pratique que la plume de fer) et l'affichage d'un nombre sur l'écran de la calculette.



Figure 3bis. Le boulier calculatrice avec un crayon à papier

Une fois assuré de l'existence de cet instrument, la question qui se pose est d'essayer de comprendre pourquoi il a été conçu et proposé : effet de transition entre deux systèmes, refus d'abandonner des instruments devenus traditionnels aux profits de plus modernes mais encore mal connus ?

Avant de tenter de répondre à cette question, il est important de remarquer que le boulier est loin d'avoir disparu. On trouve des utilisations dans les écoles : des enseignants le jugent encore utile pour l'apprentissage.

En outre, des versions numériques sont proposées, une recherche simple sur Internet permet d'en trouver de toutes sortes, comme d'ailleurs la calculette, instrument standard, dans les « accessoires » fournis par des systèmes d'exploitation. On les retrouve également sur les tablettes.

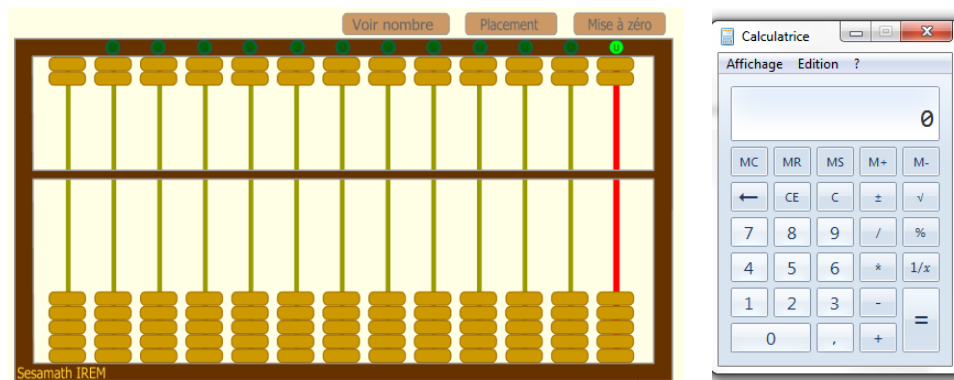


Figure 4. Boulier « virtuel »²¹ et calculatrice, accessoire Windows

Une calculatrice virtuelle peut aussi être une calculatrice cassée²², afin d'imposer des contraintes aux élèves dans la réalisation de calculs.

Pourtant le boulier avait aussi été critiqué en son temps. Le dictionnaire de Ferdinand Buisson (cité par Trouche, 2005) en rend compte :

« Le boulier corrompt l'enseignement de l'arithmétique. La principale utilité de cet enseignement est d'exercer de bonne heure, chez l'enfant, les facultés d'abstraction, de lui apprendre à voir de tête, par les yeux de l'esprit. Lui mettre les choses sous les yeux de la chair, c'est aller directement contre l'esprit de cet enseignement. La nature a donné aux enfants leurs dix doigts pour boulier ; au lieu de leur en donner un second, il faut leur apprendre à se passer du premier. »²³

Cette critique est en faveur du développement du calcul mental et ne concerne pas une concurrence entre différents instruments de calcul. Notons justement que le recours aux instruments permet de soulager la mémoire, de faire des calculs plus complexes et de les enchaîner.

Boulier et calculatrice sont des instruments de calcul, pas uniquement des outils de calcul, car ils sont à la fois des effecteurs (composante « outil »), permettant de conduire des opérations, et des visualiseurs (composante « instrument ») représentant des nombres. Du côté de l'effectuation, le corps peut intervenir, il y a des gestes à opérer : le calcul peut être matérialisé et vécu corporellement, dans le cas du boulier. Avec la calculatrice, le processus de calcul est invisible et inaccessible, comme c'est le cas en général avec les instruments informatisés. Avec le boulier, on écrit et on calcule en même temps alors qu'avec la calculette, on écrit mais c'est la machine qui calcule. Avec le calcul écrit (avec un stylo un crayon ou une plume), on écrit et on applique des algorithmes sur des écritures. Et pour l'apprentissage, il y a des liens profonds entre les instruments de calcul et les instruments d'écriture et les processus de lecture.

Il y a quelques années, un collègue était ennuyé avec sa calculatrice. Selon lui, au lieu de multiplier elle faisait une division. Il me la montrait afin que je puisse diagnostiquer le dysfonctionnement. A titre d'exemple, il tape 26 qu'il multiplie par 10 et la machine affichait effectivement 2,6. Ignorant le fonctionnement interne des objets courants (surtout lorsqu'ils sont informatisés et ainsi rendus invisibles), on développe souvent, plus ou moins consciemment, une vision naïve et fautive de ce fonctionnement. Mais cette vision s'intègre aux raisonnements que l'on conduit. Ainsi, une sorte de modèle mécanique est souvent convoqué et, dans le cas de la calculatrice, il imaginait qu'un relais avait été inversé, expliquant que l'opération inverse était faite par la calculatrice. En fait, il n'y avait aucun dysfonctionnement, un changement de paramétrage avait conduit à un affichage des nombres en notation scientifique (avec une puissance de 10). Ainsi, à la suite de 2,6 ; un 2 était affiché, mais un

²¹ http://cii.sesamath.net/lille/exos_boulier/boulier.swf

²² <http://revue.sesamath.net/spip.php?article12>

²³ <http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson/document.php?id=2204>. Propos attribué à M. Rambert, professeur à l'Ecole polytechnique de Zürich, s'agissant de bouliers figurant à l'Exposition universelle de Vienne en 1873.

lecteur ne s'attendant pas à une telle notation, ne voyait pas à quoi ce 2 pouvait bien servir et il ne considérait pas qu'il faisait partie de l'écriture même du nombre.

Cette anecdote vient appuyer l'idée que l'impossibilité de voir les traitements ne permet pas de donner des représentations opératoires sur le calcul. En outre, voir est une expertise, dans le sens où la compréhension des affichages nécessite une bonne connaissance de l'écriture des nombres.

Utiliser seulement les doigts ne permet pas de stabiliser le résultat, le nombre écrit. Il faut le réécrire d'une autre manière, peut-être en utilisant un crayon ou un stylo. Mais le processus de calcul n'est sans doute pas aussi intéressant que celui matérialisé par le boulier.

En effet, avec des instruments matériels, avec lesquels il faut faire le calcul, on a une sorte de matérialisation des nombres et des gestes que l'on va exécuter correspondent aux opérations élémentaires sur les nombres matérialisés. Les versions « virtuelles » des instruments (boulier, calculatrice) ne permettent pas les mêmes gestes et, en ce sens, ne conduisent pas aux mêmes processus d'apprentissage, mais peuvent rendre visibles des processus autrement cachés, pour faciliter des apprentissages. La forme même des objets peut nous faire percevoir les traitements que l'on peut opérer sur eux (notion d'affordance), les instruments qui donnent rien à voir ne donnent plus aucune affordance.

Une seconde anecdote, rapportée par Owens (1991), renforce l'importance des gestes dans la manipulation de calculateurs. Il s'agit ici du calculateur différentiel qui avait été mis au point par Vannevar Bush (considéré par ailleurs comme le père de l'hypertexte). Selon Bush (cité par Owens, op.cit. p.23), sa machine permettait non seulement de résoudre des équations mathématiques difficiles, mais elle fournissait en outre, à la personne qui l'étudiait, la « compréhension du sens profond de l'équation différentielle, ... une part au moins des mathématiques formelles se transformait en une chose vivante ».

*« Pour construire sa propre machine, l'Armée voulait embaucher, à un salaire de machiniste, un mécanicien qui avait travaillé, sans expérience préalable, à la construction du calculateur. Bush écrivit pour demander que ce technicien soit employé comme consultant avec le salaire correspondant. Il déclara n'avoir jamais consciemment enseigné à cet homme une quelconque notion concernant les équations différentielles, mais qu'en construisant cette machine, et en la maniant, ce dernier avait appris par lui-même! **Erreur de syntaxe, N** ce que sont les équations différentielles. Il soulignait que cette personne avait atteint un tel niveau que, quand un professeur utilisant la machine était bloqué, il lui était possible de discuter du problème rencontré par cet utilisateur et très souvent de trouver ce qui n'allait pas. « Il était très intéressant de discuter de ce sujet avec lui car il avait appris le calcul sur le plan mécanique, une approche étrange, et il l'avait compris. Ce qui signifie qu'il ne l'avait pas compris dans un sens formel, mais qu'il en avait intégré les principes. » (Owens, op.cit. p.24). Cette histoire illustre le fait que les calculateurs analogiques avaient un pouvoir de représentation que n'ont pas, ou plutôt que n'avaient pas encore, les dispositifs digitaux. » (Bruillard, 1997, p. 201).*

On pourrait penser que le boulier-calculatrice serait plus intéressant si les deux instruments pouvaient être reliés entre eux (dans l'idée des micromondes, Bruillard, 1997). Mais, à la réflexion, une liaison forte n'est pas possible. Déjà, faire correspondre les nombres et leurs affichages supposerait une captation possible de l'état du boulier pour « lire » un nombre et le transmettre à la calculatrice, mais pour l'opération réciproque (de la calculatrice au boulier), il faudrait un dispositif physique permettant de déplacer les jetons sur les bouliers. Par ailleurs, il n'y a aucune homologie sur les processus de calcul pour les deux instruments. En tous cas, même si l'objet composé boulier-calculatrice n'a pas eu un long avenir, les explications précédentes attestent de leur complémentarité.

Enfin, l'exemple du boulier nous permet de préciser la notion de trajectoire des instruments en éducation. Le boulier est d'abord un instrument de calcul et il reste un instrument de calcul, pas uniquement scolaire, dans certains pays. L'utilisation généralisée actuelle des calculatrices leur confère le statut d'instrument de calcul par excellence. Mais le fait que la manipulation des calculatrices ne renseigne en rien sur les processus même de calcul, conduit à réintroduire d'anciens instruments, non plus pour leur efficacité dans l'effectuation des calculs, mais du fait que leur manipulation peut aider à mieux comprendre à la fois la notion de nombres, mais également les opérations sur les nombres.

L'exemple sans doute le plus typique est celui de la règle à calcul. Avant le déploiement massif des calculatrices, c'était l'instrument de calcul par excellence de l'ingénieur. Il a disparu peu à peu de l'éducation, mais est réapparu, passant du statut d'instrument de calcul à celui d'instrument pédagogique. En effet, sa manipulation même renseigne sur les processus de calcul.



Figure 5. Curseur d'une règle à calcul²⁴

Cette question de trajectoire des instruments conduit à s'intéresser aux processus même d'intégration ou de scolarisation de ces instruments dans le système scolaire.

III. INTÉGRATION OU SCOLARISATION DES INSTRUMENTS ?

Au-delà de la question du changement des instruments de calcul, se pose celle de la prise en compte d'instruments de toutes sortes dans les curriculums scolaires. La vision de l'« intégration » est dominante dans les discours, comme s'il s'agissait d'acclimater un corps étranger dans l'environnement scolaire. Elle correspond au point de vue des institutions et est pilotée par un but censé souhaitable.

Pourtant il s'agit plutôt d'une forme de scolarisation : modification des instruments eux-mêmes pour les rendre compatibles avec la « forme scolaire » et plus généralement à l'école vue comme un système, avec en arrière-plan une modification possible des enseignements. Cela peut toucher les programmes eux-mêmes, prescrits nationalement en France, ou les activités scolaires vécues par les élèves, un nœud étant lié à la prise en compte ou non dans les examens. Mais la scolarisation des instruments n'est pas toujours intéressante, avec souvent des écarts importants constatés entre innovation et régime ordinaire, par exemple une dissolution des potentialités des instruments dans des utilisations minimales routinières et une absence de prise en charge des instruments pour faciliter leur appropriation par les élèves.

Un modèle en 3 phases pour les technologies de résolution ou de traitement rend compte des processus de scolarisation de ces instruments avec le passage d'une logique individuelle à une logique collective (voir Bruillard et Baron, 2006).

3.1 Phase 1 : pionniers et détracteurs

Dans cette phase d'invention, les instruments, pas encore scolarisés, sont avant tout des outils pédagogiques, c'est-à-dire interviennent pour faciliter certains apprentissages. C'est le moment d'invention d'activités éducatives, qui pourront se généraliser (ou non) au cours des phases suivantes. Les arguments pour et contre standards sont échangés, comme on l'a vu précédemment :

- Pour : de nouveaux possibles, un gain de temps, suppression de tâches de bas niveau donnant plus de temps pour des activités plus conceptuelles, gain de motivation...
- Contre : ça va trop vite, les élèves ne font plus certaines tâches intéressantes, il y a une perte de motivation (pourquoi apprendre ce qu'une machine peut faire automatiquement), etc.

Des problèmes classiques d'appropriation apparaissent, du fait d'une technologie encore peu répandue. C'est aussi le moment d'explorer les détournements possibles, de tester des limites d'usage, puisqu'il n'y a pas encore de cadrage de « bonnes pratiques », d'usages réputés pertinents, détournements favorisant justement l'appropriation.

²⁴

http://fr.wikipedia.org/wiki/Règle_à_calcul

3.2 Phase 2 : Intégration initiale

Les instruments ont une mention dans les programmes, comme appoint, incitation, substitution partielle... Les débats entre partisans et détracteurs se poursuivent, à partir d'observations de classes et plus seulement dans les classes des innovateurs. L'aspect ambivalent des technologies apparaît plus clairement, de nouveaux possibles s'ouvrent, mais les technologies diminuent la technicité requise incitent à aller trop vite, retirent des occasions d'apprendre...

Mais il n'y a pas de réelle prise en compte de l'instrumentation, pas de statut alors que l'obsolescence de technologies plus anciennes s'affirme.

3.3 Phase 3 : Intégration partielle

Se confirme une socialisation croissante des instruments dans ou en dehors de l'école, une familiarisation accrue. Les programmes prescrits sont modifiés et les compétences nécessaires sont précisées. L'instrument fait véritablement partie de la tâche. Des instruments « dépassés » reprennent un statut pédagogique (règles à calcul), car ils donnent à voir des processus, aident à comprendre...

IV. TROIS TYPES D'INSTRUMENTS

Il est intéressant de différencier trois types d'instruments informatiques ou plutôt trois types d'utilisation en éducation, ou trois types de statuts conférés aux instruments informatisés :

1. *instruments mathématiques* : ils permettent de faire des mathématiques et sont spécifiques aux mathématiques, tels les logiciels de géométrie dynamique, logiciels de calcul formel ; ou les « ancêtres » comme la règle, le compas, règle, etc.
2. *outils de communication, de production et d'accès à l'information* : les « progiciels » comme les traitements de texte, les moteurs de recherche, les plates-formes de travail collaboratif, etc. ; ils ne sont pas spécifiques aux mathématiques, interviennent dans l'environnement de travail général des enseignants et des élèves.
3. *outils pédagogiques* : ils ont plus un statut d'aide ou d'assistant pédagogique, tels le TNI (tableau numérique interactif). Dans le contexte scolaire, ce sont plutôt les outils de l'enseignant.

Dans le 1^{er} cas, une responsabilité particulière incombe à la discipline, les logiciels sont scolaires, nécessitent un apprentissage. La question est alors celle de la manière d'instrumenter l'activité mathématique. Cela dépend des instruments « naturalisés » dans la scolarité précédente. Ce qui compte, c'est d'abord la vision des mathématiques qu'ont les enseignants et le rôle des instruments dans les activités mathématiques. Cela pose des problèmes curriculaires complexes (quand introduire un instrument qui rend inutile le développement de concepts spécifiques). Cela modifie l'activité mathématique, il faut repenser les activités.

Dans le second cas, la familiarité s'acquiert essentiellement à l'extérieur de l'école. Il n'y a pas de responsabilité disciplinaire particulière ou une responsabilité partagée (sauf celle assumée au collège par la technologie collège ou la documentation). La maîtrise requise est essentiellement extérieure aux mathématiques et les utilisations scolaires sont en opposition avec les utilisations non scolaires (immédiateté vs réflexivité), périphériques au travail mathématique. Mais la question duale est aussi posée : des instruments généraux nécessitent une connaissance mathématique (tableurs, statistiques, etc.).

Dans le troisième cas, l'utilisation des instruments sert des objectifs de motivation autour de formes didactiques particulières, on n'attend pas de maîtrise particulière des élèves, donc pas de responsabilité sur les instruments utilisés. Cela dépend des infrastructures installées, des gestes acquis par la profession. Cela reste optionnel, notamment du fait de la liberté pédagogique des enseignants. Ils orientent, de par leurs propriétés, la pédagogie mathématique : expérimental, traces de processus qui peuvent être utilisés pour des activités réflexives.

Des instruments participent à plusieurs catégories. Ainsi, des outils généraux incluant des spécificités mathématiques : traitement de texte mathématique, modes d'interrogation spécifiques à l'aide d'outils de recherche, le tableur, qui a un rôle pas toujours bien déterminé.

Des instruments mathématiques non légitimes dans le travail scolaire sont aussi des outils pédagogiques. C'est l'exemple que l'on a vu des règles à calcul, permettant d'opérer des étapes intermédiaires, les instruments actuels ayant un fonctionnement caché. Le temps est alors un facteur essentiel, la maîtrise des instruments n'est pas visée, ils sont subordonnés à un objectif notionnel spécifique. Ils peuvent être utiles pour aborder une notion, avoir une valeur illustrative,

C'est l'incertitude de statut introduit des difficultés particulières. C'est logique, puisque lorsque les instruments sont disponibles, ils ne sont pas encore « naturalisés » et sont avant tout des adjuvants pédagogiques. Il faut un processus long, mise dans les programmes, diffusion d'activités, progressions, mais aussi processus de légitimation collective (parmi les enseignants de mathématiques).

V. INCLURE UNE VISION INFORMATIQUE

Les instruments informatisés, même s'ils sont utilisés dans des activités mathématiques, ont des spécificités. Pour les caractériser rapidement (Bruillard, à paraître), on peut considérer l'informatique comme une technologie d'écriture.

Une écriture numérique autonome avec un découplage entre l'écriture et un support matériel ouvrant à de multiples matérialisations et traitements. Alors que l'écriture est une trace sur un support (sable, tablette d'argile, papyrus, papier...), elle ne peut pas en général être séparée de ce support. Avec le numérique, si un support d'inscription est toujours nécessaire (un écran, du papier, un disque dur, une clé, etc.), on peut passer quasi-immédiatement d'un support à l'autre. Cela permet de garder trace du processus même d'écriture et d'écrire à plusieurs. On peut voir, rejouer ce processus, ce qui permet de l'étudier, invitant à des postures réflexives, permettant d'expérimenter, de simuler... facilitant les travaux collectifs.

Une écriture informatique performative, relevant de la programmation ou plus largement de la manipulation de données : la lecture de cette écriture conduit à des actions (exécution effectuée par les machines).

Une écriture électronique quasi-ubiquitaire. Le déploiement des infrastructures de réseaux permet des diffusions et des échanges quasi instantanés dans une grande partie du monde.

En raison de ces caractéristiques nouvelles au plan de l'écriture, l'informatique change les modes de construction, d'écriture, de conservation et de diffusion des savoirs.

A la suite de Jack Goody (1977), ayant mis en évidence l'importance des listes et des tableaux dans les cultures de l'écrit, l'informatique étend la notion de tableau : il est possible de trier, de lancer des opérations et des calculs... Ainsi, l'informatique propose des structures encore plus avancées que le tableau et la liste : du tableau en deux dimensions (surface de la page) au tableau à un nombre quelconque de dimensions, qui peut également être dynamique, mais surtout du tableau au graphe et à la table.

Pour terminer, ajoutons que d'autres disciplines sont questionnées par des instruments non pas de calcul mais de production (par exemple production musicale), de correction ou de traduction. Selon Charpin (1994), dans le cas des langues anciennes (grec ancien), l'usage de traducteurs (ou de traductions) permettait de changer le curriculum et d'aborder l'étude de la civilisation sans avoir besoin de maîtriser une langue étrangère. La profusion de traducteurs de langues sur Internet devrait conduire à réorganiser l'étude des langues étrangères. Même si les traducteurs sont loin d'être parfaits et qu'il n'est pas question de leur faire une confiance aveugle, ils offrent des services d'autant plus appréciables, que l'on a une certaine connaissance des langues utilisées et que l'on a appris à se servir de ces traducteurs. Ne serait-il pas dangereux d'en interdire ou d'en restreindre considérablement l'usage (que les élèves feront en dehors de l'école) sans aider les élèves à travailler avec. On retrouve encore cette idée sans cesse

reprise d' « accepter » de nouveaux instruments en en restreignant l'usage, de conserver un attachement vers d'anciens instruments et le fait de ne pas aider les élèves à maîtriser les nouveaux.

Une vision uniquement pédagogique sur les instruments est insuffisante, c'est-à-dire la seule évaluation de leur plus-value dans les activités mises en oeuvre. Leur scolarisation peut conduire à des effets parfois inattendus, des évolutions à long terme (méthodes, savoirs et contenus d'enseignement). Les instruments confiés aux élèves changent la nature des activités scolaires et conduit à revoir les activités d'apprentissage, leur nature, leur succession. En outre, si on adopte une perspective constructiviste, les connaissances sont construites par les activités, en lien avec les instrumentations associées. Changer l'instrumentation peut transformer ce qui sera appris, d'où l'importance de multiplier les instruments, de s'assurer qu'ils peuvent aider les élèves à comprendre ce qu'ils font et acquérir compréhension et parfois maîtrise des processus de calcul, de traitement, etc.

VI. BIBLIOGRAPHIE

APMEP (1979). *Calculatrices 4 opérations. Élémentaire et premier cycle*. Publication n°31.

BARON, GEORGES-LOUIS ; BRUILLARD, ÉRIC (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Presses Universitaires de France, L'Éducateur, Paris.

BRUILLARD ÉRIC (1994). Quelques obstacles à l'usage des calculettes à l'école : une analyse. *Grand N.*, n°53, p. 67-78.

BRUILLARD ÉRIC (1996). De l'usage personnel à l'usage scolaire. Obstacles à l'intégration des instruments, in Puimatto Gérard et Bibeau Robert (eds.), *Comment informatiser l'école ?* Montréal, Paris, Publications du Québec, CNDP, p. 201-212. En ligne : <http://www2.cndp.fr/collecIE/pdf/EICM.pdf>

BRUILLARD ÉRIC (à paraître). Une voie pour penser et construire une formation à l'informatique pour les élèves de l'école primaire. :

http://www.stef.ens-cachan.fr/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?CODE_FICHER=1413535530130&ID_FICHE=13286

BRUILLARD ÉRIC, BARON GEORGES-LOUIS, (2006). Usages en milieu scolaire : caractérisation, observation et évaluation. In Grandbastien Monique et Labat Jean-Marc (dir.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain, Traité IC2*, Lavoisier, Paris, p. 269-284. <http://www.stef.ens-cachan.fr/version-francaise/membres/eric-bruillard-88692.kjsp?RH=1215529015990>

Bruillard, Éric (1997). Les machines à enseigner. Éditions Hermès, Paris, 320 p. <http://www.stef.ens-cachan.fr/version-francaise/membres/les-machines-a-enseigner-268671.kjsp?RH=1215529015990>

CHARPIN F. (1994). Hypertextes et hypermédias pour l'étude des langues et civilisations anciennes, in Bruillard E., de La Passardière B., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias, éducation et formation : contribution à la structuration d'un champ émergent*, IUFM de Créteil, MASI, INRP, Paris, pp. 43-54.

GOODY JACK (1979). *La raison graphique, la domestication de la pensée sauvage*, Éditions de Minuit.

LAVOIE PAUL (1994). *Contribution à une histoire des mathématiques scolaires au Québec : l'arithmétique dans les écoles primaires (1800-1920)*. Thèse de l'université Laval, Faculté des sciences de l'éducation, Québec.

OWENS LANY (1991). Vannevar Bush and the Differential Analyzer: The Text and Context of an Early Computer. In Nyce J.M., Kahn P. (eds) *From Memex to Hypertext, Vannevar Bush and the Mind's Machine*, Academic Press, p. 3-38.

TOURNÈS DOMINIQUE (2007). L'intelligence du calcul. In *Actes du séminaire national, l'enseignement des mathématiques à l'école primaire*. p. 33-49. En ligne :

http://dialogue.education.fr/D0217/actes_maths_primaire.pdf

TROUCHE LUC (2005). Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. In actes de l'université d'été de St Flour, « Le calcul sous toutes ses formes ».

<http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/ressources/documents/universite-d-ete-le-calcul-sous-toutes-ses-formes> et <http://irem.univ-rouen.fr/sites/default/files/u17/Trouche%20St%20Flour.doc>