

Le futur de la calculatrice à l'école

André Boileau, Section didactique, Département de mathématiques, UQAM
boileau.andre@uqam.ca

Une partie importante de mon travail consiste à donner des cours portant sur la technologie, dans le cadre d'un programme de baccalauréat en enseignement secondaire (concentration mathématiques). Dans ces cours, nous travaillons notamment avec la calculatrice graphique¹. Depuis plusieurs années, mes collègues et moi avons choisi la calculatrice *TI-84 Plus*, d'une part parce que c'est une calculatrice offrant de nombreuses possibilités, mais surtout parce que c'est la calculatrice graphique qui semble la plus répandue dans les écoles secondaires québécoises.

Depuis quelque temps, de nouvelles calculatrices dites « symboliques » (la *TI-nspire CX CAS*, par exemple), plus puissantes et plus polyvalentes, sont apparues. Elles commencent à être utilisées dans certaines classes au secondaire, comme en témoignent quelques ateliers donnés aux dernières sessions du GRMS. La question suivante se pose alors naturellement : est-ce que nous tous (le milieu scolaire et les programmes de formation des maîtres) devrions suivre ce mouvement?

Avant de tenter de répondre à cette question, nous décrirons brièvement ces calculatrices ainsi que quelques outils offrant des possibilités de remplacement. Nous analyserons ensuite les mérites de ces divers outils technologiques selon quelques critères qui m'apparaissent importants pour un professeur de mathématiques. Nous verrons à la fin ce qui ressort de tout cela.

Description des outils technologiques disponibles

Les calculatrices

Nous connaissons tous les calculatrices, même si nous ne sommes pas familiarisés avec toutes leurs variantes. Nous savons, par exemple, que certaines calculatrices bon marché ne respectent pas la priorité des opérations (donnant, par exemple, la réponse 9 plutôt que 7 au calcul « $1+2\times 3$ »), mais nous ignorons souvent qu'il en est de même pour certaines calculatrices financières plus sophistiquées. Nous prenons pour acquis l'utilisation, dans nos cours de mathématiques, de calculatrices scientifiques, dont l'unique fonction est d'effectuer des calculs numériques : elles ont rendu obsolètes les règles à calcul et les livres de tables de jadis. Pourtant, ces outils de calcul « simples » auraient émerveillé les mathématiciens de jadis!

¹ Voir, par exemple, le chapitre 5 du manuel utilisé dans le premier de ces cours : Boileau et Garançon, *Outils informatiques pour les enseignants de mathématiques*, Loze-Dion, 2009.

Avec les calculatrices graphiques, nous entrons dans un domaine qui rappelle les ordinateurs. En effet, une calculatrice graphique ajoute plusieurs « logiciels » à ses habiletés de calculatrice scientifique, parmi lesquels on trouve souvent : traceur de courbes, tableur, logiciel de géométrie dynamique, et environnement de programmation intégré. De plus, ces calculatrices peuvent être branchées à divers instruments :

- Projecteurs d'écran (utile pour montrer l'écran d'une calculatrice à toute une classe)
- Sondes (pour l'acquisition de données variées – distances, températures, etc)
- Autres calculatrices (permettant l'échange de « fichiers »)
- Ordinateurs (permettant ainsi un échange de fichiers via l'internet).

Mais toutes ces fonctionnalités sont assez primitives et ressemblent à celles que l'on retrouvait dans nos anciens ordinateurs huit bits¹.

Les calculatrices symboliques ressemblent à des calculatrices graphiques qui pourraient calculer non seulement sur des nombres, mais aussi sur des expressions algébriques. Voici un exemple qui illustre leur puissance, et qui est susceptible de surprendre certains professeurs : on peut leur demander de factoriser $x^{36} - 1$, et on obtient la réponse

$$(x-1)(x+1)(x^2+1)(x^2+x+1)(x^2-x+1)(x^4-x^2+1)(x^6+x^3+1)(x^6-x^3+1)(x^{12}-x^6+1).$$

On se doute bien que, pour réaliser ces nouveaux calculs, un surplus de puissance est nécessaire : ces calculatrices sont basées sur des microprocesseurs plus puissants, la mémoire disponible est plus importante, et leurs écrans ont une meilleure résolution. En d'autres mots, ils ressemblent à des ordinateurs plus puissants que ceux des calculatrices graphiques (mais encore bien inférieurs aux ordinateurs actuels).

Ces dernières calculatrices bénéficient d'améliorations importantes : écran couleur, interface plus soignée, « logiciels » plus sophistiqués, etc. Mais elles conservent cependant certaines limitations des calculatrices graphiques, notamment la taille réduite de l'écran et du clavier, ainsi qu'une interface moins conviviale que les ordinateurs et les tablettes.

Les ordinateurs

Un ordinateur est une machine universelle de traitement de l'information. En changeant le programme exécuté, on peut le transformer en appareil de traitement de texte, en chiffrier électronique, en centre de montage vidéo, etc. En particulier, un ordinateur peut communiquer avec certaines calculatrices, et même se transformer en calculatrice (par exemple en *TI-84 Plus*, avec le logiciel *TI-Smartview*, ou en *TI-nspire CX CAS*, avec le logiciel éponyme). Puisqu'un ordinateur peut faire tout ce que fait une calculatrice, quel que soit son type, on peut se demander pourquoi on voudrait choisir cette dernière plutôt que le premier. Nous verrons plus bas diverses raisons justifiant nos choix passés et susceptibles de guider nos choix futurs.

¹ On remarque, par exemple, que le microprocesseur *Zilog Z80* qui équipe les calculatrices *TI-84 Plus* équipait aussi autrefois les ordinateurs *Radio Shack TRS-80* et *Sinclair ZX Spectrum*.

Les ordinateurs personnels, que ce soit des modèles de bureau ou des portables, appartiennent à trois grandes familles (Windows, Macintosh, Linux) qui ont appris à cohabiter, avec le temps. Il n'est donc pas rare qu'un logiciel donné existe sur les trois plateformes, sous des formes plus ou moins compatibles : les documents produits par ces logiciels donc souvent être librement échangés entre tous ces ordinateurs.

Rappelons enfin ici la très grande diversité des programmes disponibles pour les ordinateurs, en mettant l'accent sur les logiciels mathématiques : tableurs (Excel, Calc, ...), systèmes de calcul formel (Maple, Mathematica, SAGE, Reduce, Maxima, ...), logiciels de géométrie dynamique (GeoGebra, Cabri, Sketchpad, Cinderella, C.a.R., ...), etc. De plus, comme nos ordinateurs sont, de plus en plus souvent, reliés en permanence à l'internet, il s'avère très facile de télécharger divers logiciels spécialisés selon nos besoins. Mais soulignons aussi que les programmes reliés aux mathématiques et aux sciences ne constituent qu'une infime partie des logiciels disponibles, contrairement à ce qui se passe pour les calculatrices.

Les tablettes électroniques

En première analyse, on peut voir une tablette électronique comme un ordinateur portable pour lequel le clavier et la souris ont été remplacés par des gestes des doigts sur l'écran. Les dimensions de ce dernier peuvent varier beaucoup (par exemple : de l'écran de 3,5 pouces de l'*iPhone* à l'écran de 9,7 pouces du *iPad*), ce qui a un impact direct sur son degré de portabilité.

Une autre caractéristique distinctive des tablettes électroniques est leur capacité de communiquer et d'appréhender le monde extérieur. Elles sont habituellement dotées d'un lien internet sans fil, mais le reste de l'équipement varie selon le modèle : téléphone cellulaire, lecteurs/enregistreurs multimédias (micro, photo et vidéo), d'instruments de localisation (boussole, GPS, gyroscope, accéléromètre, capteur de proximité et de luminosité), etc. Il est fascinant de se promener dans une ville étrangère et de pouvoir se situer précisément sur une carte. Ou encore, la nuit venue, de pointer notre tablette vers un coin du ciel et d'identifier les objets célestes qui seraient visibles si les conditions étaient propices et si nous disposions d'un télescope assez puissant.

Tout comme les ordinateurs, les tablettes se regroupent en familles, selon leur système d'exploitation. La situation évolue rapidement, mais, pour l'instant, les deux systèmes dominants sont *iOs* (issu de *Mac OS X*) et *Android* (issu de *Linux*). En principe, ces tablettes peuvent accueillir les mêmes logiciels et les mêmes périphériques (USB) que les ordinateurs. En pratique, plusieurs logiciels (*Libre Office*, par exemple) et plusieurs périphériques (dont les sondes CBR et CBL de *Texas Instruments*) n'ont pas encore été adaptés à ces machines : cependant, on peut penser que ce n'est qu'une question de temps. Mentionnons enfin que, à l'heure actuelle, la puissance des tablettes est inférieure à celle des ordinateurs, mais nettement supérieure à celle des calculatrices.

Critères importants dans le choix de nos outils

Coût

À l'origine, c'était l'une des deux principales raisons (l'autre étant la portabilité) pour choisir les calculatrices et non les ordinateurs. Ceci reste encore vrai pour les calculatrices « 4 opérations » et scientifiques. Mais ce n'est plus vrai pour les calculatrices sophistiquées (graphiques et symboliques), dont les prix sont maintenant comparables à certains ordinateurs portatifs (les *NetBooks*) et à certaines tablettes¹.

Portabilité

Quand les calculatrices ont été introduites à l'école, il n'y avait pas encore d'ordinateurs vraiment portatifs : donc, si on voulait que les élèves puissent utiliser un instrument de calcul à la fois à l'école et à la maison, on devait choisir la calculatrice. Avec le temps, les calculatrices sophistiquées ont pris du poids et du volume, tandis que les ordinateurs sont devenus beaucoup plus portatifs, sans compter que la taille de certaines tablettes est du même ordre que les calculatrices scientifiques : les calculatrices n'ont donc plus d'avantages marqués dans ce domaine.

On pourrait même dire que l'argument peut être renversé. Moi qui n'ai jamais transporté de façon systématique une calculatrice, j'ai sur moi en permanence une petite tablette parce qu'elle me rend de nombreux services : non seulement met-elle à ma disposition une dizaine de calculatrices (dont certaines de type graphique et symbolique), mais elle me sert aussi de téléphone, d'agenda, de baladeur musical, de GPS, de liseuse de livres et de revues (avec un écran trop petit, je l'avoue), d'appareil photo/vidéo, etc.

Polyvalence : assez, mais pas trop

Les exemples donnés au paragraphe précédent illustrent la très grande polyvalence des tablettes électroniques. Même si, en général, les ordinateurs ne sont pas dotés des mêmes périphériques (téléphone, GPS, appareil photo/vidéo), leur richesse logicielle est aussi grande (et même plus grande, dans la période actuelle de transition), et rien n'empêche en principe de leur adjoindre tous les périphériques désirés.

Cette polyvalence peut être source de préoccupations pour les enseignants : comment limiter les ressources consultables lors des examens ? Comment éviter les usages

¹ On annonce même l'arrivée prochaine d'une tablette indienne à 60\$, donc nettement moins chère que nos calculatrices sophistiquées.

Voir : <http://www.blogsteady.net/2011/10/aakash-ubislate-7-android-tablet.html>

inappropriés ? Ce type de problème a toujours existé¹, mais il semble a priori que la calculatrice pose moins de difficultés que les ordinateurs ou les tablettes : ne suffit-il pas de l'interdire quand nous voulons être certains que les calculs (numériques ou algébriques) se feront à la main ?

La situation est moins simple qu'il n'y paraît, du moins pour les calculatrices complexes. Comme nous l'avons vu, ce sont de petits ordinateurs, et des bidouilleurs ont réussi à les détourner de leur fonctionnement usuel, que ce soit pour faciliter la tricherie² ou pour permettre d'utiliser un contenu indésirable dans un contexte scolaire³. Il semble donc que l'usage approprié de ces outils technologiques relève, en fin de compte, de la responsabilité des élèves, sous la supervision de leur professeur.

Ajoutons que, si l'usage des calculatrices actuelles est, tout compte fait, limité aux cours de mathématiques et de sciences, il n'en est pas de même des ordinateurs et des tablettes électroniques. Avec des ordinateurs portatifs ou des tablettes électroniques, on pourrait, par exemple, utiliser des cartes interactives en géographie et en histoire, des vidéos décrivant des expériences en physique ou en biologie, des correcteurs orthographiques en français, etc.

En guise de conclusion

La discussion précédente pourrait être élargie, mais je crois qu'on arriverait à la même conclusion : les calculatrices complexes (graphiques ou symboliques) seront bientôt remplacées par des ordinateurs portables et des tablettes électroniques. Ces calculatrices seront alors simulées⁴ sur l'ordinateur ou la tablette de l'élève, ce qui réduira considérablement leur prix.

Faut-il choisir entre ordinateurs et tablettes, ou doit-on laisser le choix entre ces deux technologies ? Il n'est pas facile de répondre à cette question, car, à l'heure actuelle, les deux technologies sont complémentaires. Pour l'instant, les ordinateurs sont mieux dotés, côté puissance et logiciels, et leur clavier est plus agréable et plus pratique à utiliser que le clavier virtuel des tablettes. Par contre, ces dernières nous donnent une expérience de

¹ Il existe des moyens non technologiques de tricher, et on peut utiliser une feuille pour fabriquer un avion de papier, ou la pointe d'un compas pour blesser quelqu'un.

² Voir, par exemple, <http://www.brandonw.net/calculators/fake/>

On y décrit un programme visant à empêcher le professeur d'effacer la mémoire d'une calculatrice *TI-84 Plus*, tout en lui faisant croire que la commande d'effacement a réussi.

³ Voir, par exemple, <http://www.ticalc.org/pub/83plus/asm/games/mirageos/>

On peut y trouver de nombreux jeux, disponibles pour la *TI-84 Plus*.

⁴ Il existe plusieurs simulations de calculatrices disponibles gratuitement. Certains fabricants, dont *Texas Instruments*, vendent aussi des simulateurs pour certaines de leurs calculatrices : c'est le cas pour la calculatrice graphique *TI-84 Plus* (*Macintosh* et *Windows*), la calculatrice symbolique *TI-nspire* (*Macintosh* et *Windows*), et la calculatrice financière *BA II Plus* (*iPad*).

contact direct avec l'écran, de façon beaucoup plus ergonomique que l'ordinateur : on peut les manipuler comme des livres d'un nouveau genre.

Mais ces deux technologies évoluent très rapidement, peut-être vers des formes hybrides où les tablettes pourront être enfilées dans des stations d'accueil dotées (entre autres choses) d'un clavier, les transformant ainsi en véritables ordinateurs. En attendant le moment plus lointain où les claviers seront remplacés par la reconnaissance vocale...



À moyen terme, on peut envisager des écoles où tous les livres scolaires seraient disponibles sous une forme numérique, tous stockés dans les tablettes (ou les ordinateurs portatifs) des élèves : ça ferait des sacs d'école beaucoup moins lourds qu'à l'heure actuelle, et il serait plus facile pour les élèves de ne pas oublier leurs manuels à l'école! Ces livres pourraient être rendus interactifs (avec, par exemple, des figures de géométrie dynamique dans les livres de mathématiques), et les élèves pourraient les annoter à leur convenance. Une partie du travail de l'élève pourrait se faire sur sa tablette, et le contenu spécifique à chaque élève pourrait être périodiquement enregistré sur un serveur de l'école, tant pour être examiné par le professeur que pour des fins de sauvegarde en cas de pépin.

À court terme, calculatrices, ordinateurs et tablettes continueront à coexister pendant encore un moment. Mais les avantages des calculatrices (graphiques ou symboliques) sont maintenant chose du passé, et nous devons tous nous préparer à leur disparition : les professeurs en cherchant à tirer avantage d'outils plus polyvalents, et les fabricants de calculatrices en proposant des formes virtuelles de leurs produits.

En terminant, je veux vous faire part d'une conversation récente avec un représentant d'une compagnie fabricant des calculatrices. Un peu pour le provoquer, je lui ai dit, mine de rien, que les calculatrices allaient bientôt disparaître. À ma grande surprise, il n'a pas cherché à contester mon affirmation. Au contraire, il m'a dit espérer que cette disparition ne surviendrait pas avant sa retraite ... dans deux ans.