

Les logiciels libres Enjeux éducatifs

Jean-Pierre Archambault(*)

Dans l'Éducation nationale comme dans les administrations et les entreprises, les logiciels libres se développent d'une manière significative, et plus rapidement que l'on aurait pu le penser il y a encore quelques années.

Leur mode de réalisation, leur « philosophie », leur réponse originale en termes de propriété intellectuelle suscitent moult réactions. L'indifférence est rarement au rendez-vous. Ils séduisent car leur approche est en phase avec la culture enseignante d'accès à la connaissance pour tous et les missions du système éducatif. Ils suscitent des oppositions farouches. Rien là que de très normal. C'est toujours le cas quand une technique émerge. En son temps, Ampère a pourfendu la machine à vapeur. Au début du siècle dernier, un lobby du courant continu expliquait, force arguments scientifiques à l'appui, que le courant alternatif constituait une impasse technologique. Et, plus près de nous, l'informatique à l'École, Internet, ...

Les logiciels libres intriguent aussi. D'une manière paradoxale. Nous verrons pourquoi. Il leur correspond des enjeux éducatifs. Leur approche est transférable, pour une part, à la production des ressources pédagogiques. Ils contribuent à la réflexion sur les problématiques de l'économie du savoir. Mais d'abord donnons-en la définition.

Ce que sont les logiciels libres

Un logiciel libre n'est pas nécessairement gratuit⁽¹⁾, même si l'on peut se le procurer la plupart du temps à des prix incomparablement inférieurs à ceux des logiciels propriétaires. Libre s'oppose à propriétaire. Quand on achète un logiciel propriétaire, on achète en fait le droit de l'utiliser dans des conditions données, seul le code exécutable étant fourni⁽²⁾. C'est la seule liberté dont on dispose. Un logiciel libre est fourni avec son code objet, mais aussi avec son code source, son secret de fabrication. On a toute liberté de l'étudier, de comprendre comment il fonctionne, de le modifier, de l'améliorer, de l'adapter à ses propres besoins. On peut également le

(*) Chargé de mission veille technologique au SCEREN-CNDP.

(1) La confusion libre/gratuit vient de l'expression « free software », le terme « free » signifiant indifféremment dans la langue anglaise libre ou gratuit.

(2) Code source et code objet (exécutable) ; soit, dans un programme, l'instruction conditionnelle suivante, écrite dans un langage évolué, « si $x = 5$ alors $x = x + 4$ » ; cette ligne de code source est parfaitement compréhensible (on effectue un test sur le contenu de la variable informatique x , puis, selon le résultat, on procède ou non à l'affectation d'une nouvelle valeur à la variable x ; pour être exécutée par l'ordinateur, une telle instruction doit ensuite être compilée, prenant la forme d'une suite de 0 et de 1 ; une ligne de code objet ainsi obtenue (011101000...), « compréhensible » par la machine, est en revanche incompréhensible pour un humain (l'opération de décompilation est longue et complexe).

copier et le diffuser, en autant d'exemplaires que l'on veut (on voit tout de suite l'intérêt que cela représente pour un établissement scolaire). Toutes ces libertés ne sont accordées qu'à la condition que les bénéficiaires les reconduisent à l'intention des autres, et qu'ainsi le cycle de la « vertu » ne soit pas interrompu. Ce qui est par exemple le cas avec un logiciel du domaine public qui peut très bien donner lieu à des appropriations privées (propriétaires). Des licences, dont la plus connue est la GPL (General Public licence), traduisent au plan juridique cette approche originale qui concilie le droit des auteurs et la diffusion à tous de la connaissance.

On peut penser qu'il y a dans tout cela quelque utopie, aussi sympathique soit-elle. Chaque chose a un coût. Alors, donner un logiciel, un produit ? Il y a des antécédents célèbres. Au début des années quatre-vingts, la DGT (Direction générale des télécommunications, le « France Télécom » de l'époque) a mis à disposition gratuitement le Minitel, un terminal qui coûtait cher, 4 ou 5 000 F. Coup de génie. Des millions d'utilisateurs, un Internet avant la lettre (en Grande Bretagne, échec retentissant car il fallait acheter le terminal). Et toute une économie de services qui s'est développée. Et beaucoup de communications téléphoniques. La démarche est fondamentalement la même avec un « Instamatic », appareil bon marché qui génère plein de photos que l'on fait développer. Ou avec ces imprimantes très peu chères, et ces cartouches qui le sont davantage. Sans parler de Rockefeller qui distribuait des lampes à pétrole... La démarche gagne encore en pertinence dans le domaine de l'immatériel, dans le domaine des logiciels qu'il faut installer, personnaliser, modifier, maintenir, ...

Paradoxe intrigant

Une approche qui intrigue. Du nouveau un peu bizarre. Et pourtant ! Si le « nouveau » était en fait très très ancien, et que la nouveauté était ailleurs. Dans son éditorial du numéro 450⁽³⁾, Michel Fréchet établit un parallèle lumineux : « Pythagore interdisait à ses disciples de divulguer les théorèmes et leurs démonstrations. Les mathématiques pythagoriciennes étaient des *mathématiques propriétaires*. Depuis 25 siècles, les mathématiques sont devenues *libres*. Chaque théorème, une fois validé par la communauté mathématique, fait partie du domaine public, chacun peut en faire la démonstration, en vérifier la validité et l'utiliser librement. Ces théorèmes deviennent alors des briques de théories plus complexes, dont l'absence de « bugs » peut être constatée. » Eh oui, le mode de réalisation des logiciels libres est le mode de fonctionnement de la recherche scientifique. L'équivalent de la libre circulation de la connaissance réside dans la publication du code source. Le débogage des programmes par des milliers de développeurs disséminés sur la planète correspond à la validation par les pairs. C'est l'un des points forts majeurs du logiciel libre tant l'on sait qu'un développeur peut passer cent fois sur une ligne de programme, sans voir l'erreur qu'elle comporte. Liberté de comprendre, de reprendre, de modifier, d'approfondir, ... Le paradigme est le même. Il a fait ses preuves. Un gage de qualité pour les logiciels libres.

(3) « L'APMEP et les TICE », Bulletin de l'APMEP n° 450.

L'informatique était devenue propriétaire

Elle l'est encore pour une bonne part mais les temps changent. À l'origine, dans les années cinquante et soixante, elle était libre. Pourquoi pareille évolution ? Pourquoi une situation de quasi monopole s'est-elle instaurée dans l'informatique grand public, pour les systèmes d'exploitation et les progiciels ?

Au-delà du comportement de tel ou tel, il existe une tendance à l'instauration de monopole dans ce secteur d'activité, qui résulte de deux causes principales. D'une part, les coûts marginaux, correspondant à la production d'un exemplaire supplémentaire, se rapprochent de zéro. Contrairement à la sphère des biens matériels, où le dépassement d'un certain volume entraîne une baisse de rentabilité de l'appareil productif, le phénomène des rendements croissants permet des économies d'échelle considérables pour les acteurs dominants. D'autre part, les externalités de réseau jouent un rôle prépondérant. En amont, les éditeurs ou les fabricants de composants matériels favorisent les plates-formes informatiques les plus répandues qui représentent un marché plus important, et qui ainsi se répandent encore davantage. En aval, intervient le conformisme raisonné du client autour des produits dominants. Il y voit un gage de pérennité (on confond souvent pérennité des sociétés et de leurs produits). Il lui est effectivement plus facile de trouver du personnel formé ou de l'assistance technique. Et puis, en cas de problèmes, un directeur informatique ne se verra pas reprocher d'avoir choisi Microsoft ou IBM !

L'accès au code source contrarie les politiques de « verrouillage » du marché par les acteurs dominants, qui font en sorte que leurs fichiers ne soient pas lus par le logiciel d'un concurrent, et que ce dernier ne puisse pas lire les leurs. Il y a peu d'innovation dans un format de fichier ou dans un protocole de communication. La démarche propriétaire n'a aucune légitimité en la matière. La réponse est simple : elle s'appelle standards ouverts, sans lesquels, par exemple, Internet n'aurait pas connu le développement que l'on sait (TCP/IP, HTML, HTTP). Réciproquement Internet a permis le développement des logiciels libres en créant les conditions d'un travail coopératif à grande échelle. Forme achevée de l'ouverture puisque l'on a accès au code source, le logiciel libre s'oppose à cette tendance au monopole et à ses inconvénients : absence de pérennité des standards et des logiciels soumis au bon vouloir des éditeurs, moindre effort de recherche et d'innovation, dépendance pour les prix et les stratégies industrielles, absence d'alternative en cas de conflit, ... Les logiciels libres constituent un outil de régulation de l'industrie informatique.

L'informatique grand public

Le développement des logiciels libres est patent. Pour les ventes et mises à jour des systèmes d'exploitation serveurs, au plan mondial, Linux est devenu un acteur à part entière. Il est depuis un certain temps déjà le premier système pour les serveurs web dont le plus répandu est le logiciel libre Apache. Tous les constructeurs informatiques ont intégré le logiciel libre dans leur stratégie commerciale...

Ce nouveau paysage est la conséquence de l'adéquation existant entre les principes de réalisation du libre et la nature d'un logiciel, la bonne façon de le fabriquer. Il résulte aussi d'une réaction face à la situation de rentes prévalant dans

l'informatique grand public, aux prix prohibitifs qui y sont pratiqués. Des bénéfiques de l'ordre de 50 % y sont monnaie courante, à comparer aux 3 ou 4 % de l'industrie automobile. L'on sait la course effrénée à la version suivante, avec une obligation d'achat pour rester compatibles et pouvoir échanger des fichiers, sans que cela s'accompagne le plus souvent pour le monde éducatif de la moindre justification d'ordre pédagogique. L'habitude a été prise de faire déboguer les logiciels par les clients, et de les faire payer pour des mises à jour qui ne font que corriger les défauts. L'industrie informatique est quelque peu singulière, étant la seule à ne pas garantir qu'un produit fera ce qui est annoncé (elle garantit même qu'il y a des erreurs !), et à ne pas se sentir tenue de réparer les dégâts causés par un cédérom qui aura « écrasé » les fichiers d'un utilisateur...

Les enjeux éducatifs

En octobre 1998, le ministère de l'Éducation nationale signait avec l'AFUL (Association francophone des utilisateurs de Linux et des logiciels libres) un accord-cadre indiquant que les logiciels libres en général, Linux en particulier, constituaient une solution alternative de qualité pour les établissements scolaires, à très moindres coûts, dans une perspective de pluralisme technologique. Cet accord est depuis cette date reconduit tous les deux ans. Pluralisme est un maître mot, car il n'est pas question de substituer un monopole à un autre.

Les logiciels libres pour les établissements scolaires et les écoles, c'est d'abord très concrètement des économies substantielles. La pertinence de la question de savoir pourquoi dépenser des sommes considérables pour doter en nombre les établissements scolaires d'outils bureautiques, alors qu'existent des solutions équivalentes à moindre prix, gratuites même, du côté des logiciels libres, cette pertinence donc est de mieux en mieux perçue.

Dans son rapport 2003, la Cour des Comptes pointe, comme obstacle principal aux usages pédagogiques des ordinateurs, l'insuffisante compétence humaine de proximité pour s'occuper du fonctionnement des ordinateurs (installation, dépannage, maintenance, évolution des configurations). La gestion des ordinateurs n'est pas indifférente à la qualité des systèmes employés. Mieux vaut pouvoir se consacrer à des tâches technico-pédagogiques nécessaires que se noyer dans des plantages à répétition de produits « incertains ». Là aussi, le logiciels libre est facteur d'économie.

On peut reproduire à volonté les logiciels libres. Tout enseignant et tout élève peuvent ainsi les installer sur leur ordinateur à domicile, et retrouver leur contexte de travail sans frais supplémentaires. Une contribution à l'égalité des uns et des autres.

Tout le monde s'accorde à dire qu'il faut enseigner des concepts et non les « recettes » de la « n-ième » version d'un logiciel. Un tel objectif se réalise plus aisément dans un contexte de pluralisme technologique. Il faut habituer les élèves à la diversité scientifique et technique. Là où l'informatique est objet d'enseignement, l'accès au code source est incontournable quand il faut comprendre les principes et le fonctionnement des systèmes.

L'existant éducatif

On constate dans le système éducatif une situation analogue à celle que l'on rencontre dans les administrations et les entreprises, à savoir des avancées plus que significatives pour l'infrastructure logicielle et des percées au niveau du poste de travail.

Dans le cadre du schéma SIIEE (Services Internet/Intranet des établissements scolaires et des écoles), les académies se tournent pour une bonne part vers des solutions libres tournant sous Linux et issues du « séraïl » (Slis, Pingoo, Eole, SambaEdu, ...). Le schéma directeur des ENT (Environnements numériques de travail) souligne la nécessité de standards ouverts pour assurer l'interopérabilité. En conséquence des solutions libres trouvent leur place dans les volets 1 et 2 de ce schéma.

Un consortium Mutualibre⁽⁴⁾ a vu le jour récemment. Il se veut « maison commune » où se retrouvent projets, entités éducatives, collectivités locales, sociétés, ... plus généralement tous les acteurs du libre pédagogique.

La création, début 2002, du pôle de compétences logiciels libres du SCEREN s'est inscrite dans la continuité de l'action menée par la mission veille technologique du CNDP et les CRDP. Elle a correspondu à l'entrée dans une phase nouvelle du développement des logiciels libres dans l'Éducation nationale. Le pôle logiciels libres regroupe à l'heure actuelle 13 CRDP (Aix-Marseille, Amiens, Bordeaux, Caen, Clermont-Ferrand, Créteil, Lille, Nancy-Metz, Orléans-Tours, Paris, Poitiers, Toulouse, Versailles). Ses objectifs sont les suivants : fédérer les initiatives et les énergies, de manière à leur donner plus de visibilité et d'efficacité ; poursuivre, en l'étendant, l'action d'information de la communauté éducative dans son ensemble (articles, organisation et interventions dans des séminaires et des colloques, présidence du cycle Éducation de Solutions Linux ou journées Autour du libre avec les ENST (Écoles nationales supérieures des télécommunications), afin d'aider les uns et les autres à se faire leur opinion, notamment dans la perspective des choix qu'ils ont à faire et des décisions qu'ils ont à prendre ; coordonner les actions de conseil, d'aide, d'expertise et de réalisation. Une liste de diffusion dédiée permet aux centres et aux enseignants impliqués de communiquer, échanger et travailler ensemble⁽⁵⁾.

Le pluralisme technologique commence à exister pour le poste de travail, notamment avec la suite bureautique OpenOffice.org. Dans son action d'information, la mission veille technologique du SCEREN- CNDP a mis en place un groupe qui recense, examine et documente l'offre logicielle pédagogique libre existante⁽⁶⁾. À partir de ce travail, la société Logidée a réalisé la Débian Education. Le Conseil général de Seine et Marne, qui l'a financée, est en train de la faire installer sur les ordinateurs des collèges du département (en double amorçage). Un cédérom multiplateforme (Windows, MacOSX et Linux) de logiciels pédagogiques libres pour

(4) <http://mutualibre.org>

(5) (logiciel-libre-cndp@listes.tice.ac-caen.fr) ; pour s'y abonner, il suffit d'aller à l'adresse suivante : <http://listes.tice.ac-caen.fr/cgi-bin/mailman/listinfo/logiciel-libre-cndp>.

(6) <http://logiciel-libres-cndp.ac-versailles.fr>.

l'école primaire et la grande section de maternelle est en cours de co-édition par les CRDP de Paris et de Versailles, dans un partenariat avec APPLE. Les objectifs consistent en la mise à disposition des enseignants de logiciels libres, à des coûts très minimes ou gratuitement, au support physique près, et en l'aide à la constitution de communautés d'enseignants échangeant documents et pratiques pédagogiques sur les potentialités didactiques des logiciels libres. Parmi les initiatives et les produits : AbulEdu, Allegetice, Freeduc, Slaes, Wims, ...

Des ressources pédagogiques libres

Le développement du logiciel libre repose sur l'existence d'une communauté de programmeurs. On connaît les nombreuses communautés éducatives, disciplinaires, pédagogiques ou associatives. La question du degré de transférabilité de l'approche du libre à la production des ressources pédagogiques est posée. De tout temps les enseignants ont fabriqué des documents de cours. Mais, la banalisation des outils (traitement de texte, de l'image, publication, ...), les facilités de reproduction d'un document numérisé et de diffusion avec Internet ont modifié le paysage : l'éditeur n'est plus le passage obligé. Une étude réalisée en 2001 pour le CNDP par l'OTE (Observatoire des technologies éducatives en Europe) sur la consultation des sites web éducatifs par les enseignants a montré qu'arrivaient en tête les sites des associations, puis les sites personnels, les sites institutionnels (ministère, académies, CNDP, CRDP, ...) et loin derrière ceux des majors de l'édition (Vivendi et groupe Hachette). Des partenariats de type nouveau se mettent en place. Ainsi celui entre Sésamath (cf. Bulletin de l'APMEP, n° 440, p. 374-378), et le CRDP de Lille. Les ressources pédagogiques produites par l'association sont accessibles librement et gratuitement sur Internet, et donnent lieu parallèlement à l'édition de cédéroms et de manuels commercialisés par le CRDP.

L'opportunité est bien réelle pour le service public de nouer des partenariats s'appuyant sur les innombrables réalisations personnelles et coopératives des enseignants, associant les collectivités locales et les éditeurs scolaires traditionnels, dans une espèce de « Napster éducatif » d'auteurs-utilisateurs et non pas uniquement de consommateurs comme dans le Napster musical.

Des questions de société

Les questions afférentes au droit d'auteur et, plus généralement, à la propriété intellectuelle se sont installées de plain-pied dans l'actualité, à la mesure du rôle majeur désormais joué par la connaissance, la conception, les savoirs et les savoir-faire dans les processus de création de la richesse.

En 2001, le consortium SDMI⁽⁷⁾ a dissuadé, menaces de poursuites judiciaires à l'appui, Edward Felten de présenter, devant un auditoire de l'université de Pittsburgh, les résultats des travaux de son équipe de recherche de Princeton qui avait réussi à débloquer les systèmes de verrouillage des fichiers musicaux du SDMI, suite à un « défi » que le dit consortium avait lancé. Aux États-Unis, lors des 40 dernières

(7) Le SDMI (Secure Digital Music Initiative) regroupe une centaine de producteurs de contenus et d'industriels autour de technologies de protection « inviolables » des œuvres numériques.

années, le Congrès a voté à 11 reprises l'allongement de la durée du copyright. À chaque fois, disent les mauvaises langues, que Mickey Mouse était sur le point de « monter » dans le domaine public. En Europe des forces font pression pour que les logiciels soient brevetables, et ne relèvent plus du droit d'auteur : de beaux jours en perspective pour la recherche en contrefaçons quand on sait le caractère combinatoire des logiciels fabriqués à partir de milliers de composants. De moins beaux en revanche pour l'innovation ! Menaces sur la copie privée...

L'industrie pharmaceutique n'est pas en reste, qui, à l'instar de l'industrie informatique, a des coûts fixes de recherche élevés, et des coûts marginaux, de production, très faibles. Elle n'en finit plus de se débattre dans ce « Viet Nam »⁽⁸⁾ qu'a constitué en 2001 le procès de Pretoria, « où l'on a vu 39 des plus grands laboratoires du monde interdire aux malades africains du sida l'accès aux trithérapies, au nom de la défense de leurs brevets, avant de reculer devant la réaction outrée de l'opinion publique »⁽⁸⁾. Mais⁽⁹⁾, après les attaques du 11 septembre 2001 à New York, des lettres contaminées au bacille du charbon ont été envoyées à des médias et à des officiels. Les États-Unis, se rendant compte qu'ils n'avaient pas assez d'antibiotiques pour faire face à cette menace, ont alors décidé de forcer la main de Bayer qui produit le Cipro, pour qu'il baisse ses prix. Pour cela ils ont brandi la menace de la « licence obligatoire », ce qui leur a permis de contourner le brevet de la firme allemande. Il y aura cinq morts. Or c'est précisément pour éviter que l'Afrique du Sud (et d'autres pays à sa suite) ne prenne des licences obligatoires que les États-Unis avaient soutenu le procès de Pretoria ! Pour M. Zoellick, représentant des États-Unis pour le commerce extérieur, après Doha « *le problème était que de plus en plus de pays voulaient obtenir le droit d'importer depuis des pays tiers (...), y compris des pays disposant d'une industrie pharmaceutique forte. Alors vous étendez cela, l'ensemble des pays qui peuvent disposer de ces privilèges particuliers, à environ 120 pays. Puis certains pays veulent élargir l'accord à plus de maladies. Vous prenez donc ce qui est censé être une exception pour des circonstances particulières, vous l'étendez à quasiment tous les pays hors OCDE, puis à toutes les maladies, et au final vous avez percé un trou dans le régime de propriété intellectuelle* »⁽¹⁰⁾.

D'une manière générale, depuis une cinquantaine d'années, une tendance lourde est à l'œuvre, de marchandisation de la science, d'intrusion dans sa sphère des enjeux économiques et des logiques de concurrence et de court terme. Elle va à l'encontre des modes de fonctionnement et des valeurs traditionnels de la recherche et du monde de la connaissance. La raison en semble évidente : la part de la science dans la production des biens matériels, de marginale au début de la révolution industrielle, est devenue au fil du temps plus que largement significative. Au-delà de la science proprement dite, c'est l'immatériel sous toutes ses formes qui occupe une place sans cesse croissante dans les processus de création des richesses et dans les richesses produites elles-mêmes, d'une manière accélérée lors des dernières années. Concomitamment, on a assisté à l'émergence d'un mouvement inverse, incarné par

(8) Florent Latrive, Libération du 9 avril 2003.

(9) Philippe Rivière, journaliste au Monde Diplomatique, intervention à Autour du libre 2003.

(10) Conférence de presse, 16 janvier 2003, www.ustr.org

les logiciels libres, une espèce de retour aux fondamentaux de la production de la connaissance. Des logiques contradictoires coexistent. D'un côté coopération et espaces publics, de l'autre concurrence et enclosures. La question se pose de savoir où l'on va en termes de modèles économiques et de propriété intellectuelle.

La connaissance fuit la clôture. D'une manière consubstantielle, pour se développer, elle a besoin du partage. Elle est rebelle à une appropriation privée dans les processus de création de richesses, comme le montre l'efficacité de l'approche qui a permis la réalisation de Linux, ou cette communauté de coopération sur le génome humain, qui regroupe de par le monde entier 250 000 chercheurs qui communiquent et publient des ressources. Une banque de données constitue le point central de cette communauté, qui en assure le contrôle-qualité. Les avancées de la recherche sont intrinsèquement liées à l'existence et au bon fonctionnement, à l'échelle de la planète, d'un espace électronique de travail dont il est structurellement nécessaire que l'accès en soit libre et gratuit. Une logique de coopération et de partage, pour trouver de nouveaux résultats et les valider, s'avère pour l'essentiel incontournable.

Une course de vitesse est engagée. Servi par chaque nouvelle innovation qui se banalise (haut débit, compression des données, Wifi, ...), le mouvement du libre et plus généralement le monde du numérique ne cessent de décloîtrer. La possibilité d'exécuter les droits de propriété est en crise malgré les missions confiées à des magistrats et des avocats pour qu'ils greffent le vieil ordre sur le nouveau monde. « Il existe une différence cruciale avec le mouvement des clôtures du XVI^e-XVIII^e siècle. Le mouvement social qui défendait les terres communes en 1750 avait toute la modernité de la technique, de la science, la puissance urbaine contre lui : il résistait. Aujourd'hui, les tenants des clôtures sont sur la défensive »⁽¹¹⁾. De nombreuses voix s'élèvent pour dire que, dans le prolongement des luttes qui se sont déroulées autour de la question de la terre ou autour de celle de la production matérielle, les grandes luttes sociales et politiques du XXI^e siècle porteront aussi sur la question de la propriété intellectuelle et du savoir, conçu comme bien commun et inaliénable de l'humanité⁽¹²⁾.

Il existe donc quelques raisons de penser que l'approche coopérative du logiciel libre, sa réponse originale en terme de propriété intellectuelle préfigurent des évolutions fortes en matière de modèles économiques.

(11) Yann Moulier Boutang, freescape.eu.org.

(12) Michael Osborne, responsable du programme de prospective de l'OCDE, dossier « Le vivant, nouveau carburant de l'économie », *Le Monde économie* du 10 septembre 2002.

Annexe

Des logiciels libres en mathématiques

Sur le site du pôle de compétences logiciels libres

<http://logiciels-libres-cndp.ac-versailles.fr/>

accompagnés de documentations :

Dr Genius : logiciel d'apprentissage de la géométrie, utilisable dès le collège.

Eukleides : un langage de description de figures géométriques.

Geg : « petit » logiciel d'interface simple et commode, permettant la visualisation du graphe d'une fonction d'une variable.

Gnuplot : permet entre autres le traçage de fonctions diverses, y compris en 3 dimensions.

Grace : logiciel de traçage WYSIWYG en 2 dimensions.

Kseg : logiciel très riche de simulation de géométrie Euclidienne.

Lilimath : « célèbre » suite logicielle et banque d'exercices particulièrement adaptés au collège.

Magic Square : produit des carrés magiques de taille quelconque.

Maxima : logiciel de calcul formel aux fonctionnalités étendues.

Pari : logiciel très performant pour le calcul sur les nombres, les fonctions arithmétiques, les polynômes et les matrices.

Roman : « petit » utilitaire convertissant les chiffres romains en chiffres arabes et inversement.

Scilab : logiciel de calcul (numérique, matriciel) très puissant intégrant des fonctions de traçage.

Wims : serveur d'applications permettant depuis plusieurs stations clientes d'utiliser certains des logiciels de la présente liste à l'aide de n'importe quel navigateur web. Un tutoriel complet est disponible (format PDF), comprenant la description de classes virtuelles.

Xabacus : permet la manipulation à la souris d'un boulier chinois

Xarith : pour apprendre à calculer

Et,

l'atelier de géométrie 2D et 3D pour windows

bc (sous Linux)

géonext (allemand)

Et, le plus célèbre, *LaTeX*, qu'on ne présente plus.