

Les besoins informatiques des classes PostBac: problèmes et solutions

Lycée Ste-Anne
20, rue Lamotte-Piquet, 29200 Brest, France
Alain.Leroux@enst-bretagne.fr

Alain Leroux

Résumé

L'informatique n'est pas la solution magique à toutes les difficultés de l'enseignement, mais elle fournit désormais des apports incontournables aux professeurs notamment en CPGE.¹

L'instauration des TIPE², que le ministère veut étendre cette année aux classes secondaires, sous forme de TPE³, a notamment montré la nécessité d'un accès Internet pour tous les élèves, et de l'installation d'un réseau d'établissement. Dans ce cadre, les problèmes de coût et de sécurité deviennent cruciaux.

Ayant eu à réaliser l'équipement de salles informatiques dans deux établissements différents, j'y ai rencontré les mêmes problèmes, pour lesquels les solutions testées ont été différentes.

Cet exposé se propose de présenter d'abord les besoins, puis de comparer les solutions à base Linux aux solutions Windows, dans l'état actuel des choses.

Mots-clé: Linux/réseau, Linux/CPGE

1 Les besoins

1.1 Besoins des élèves

1.1.1 Accès à des logiciels

Bureautique La rédaction des dossiers de TIPE⁴ rend utile, sinon nécessaire, l'usage d'un traitement de texte scientifique. Dans la plupart des cas, il s'agit de Microsoft Word, parce que les enseignants du Secondaire, et un usage répandu à l'extérieur en ont fait le standard.

Pour les Travaux Pratiques, l'exploitation des données numériques obtenues peut être grandement facilitée par l'emploi d'un tableur. De nombreux exemples d'usage d'un tel logiciel ont été donnés depuis fort longtemps (voir par exemple, [Céral, 1988] et [Favre-Nicolin, 1988]) Il s'agit le plus souvent d'Excel.

1. CPGE: classes préparatoires aux Grandes Ecoles. Ces classes, ouvertes aux bacheliers scientifiques, préparent en deux ans aux concours d'entrée aux écoles d'ingénieurs.

2. voir note 4

3. TPE: travaux personnels encadrés. Il s'agit de transposer aux élèves de classe de Première des lycées l'expérience, semble-t-il réussie, des TIPE.

4. les TIPE (travaux d'intérêt personnel encadrés) sont une étude faite par les élèves de classe préparatoire sur un sujet de leur choix dans un thème donné (cette année: Terre et Espace). Ils y consacrent en moyenne deux heures par semaine en recherches documentaires, discussion avec des ingénieurs ou chercheurs, expériences...Au concours, ils ont à présenter leur travail dans un exposé bref, et à répondre aux questions du jury.

Calcul Formel et numérique L'utilisation pédagogique d'un logiciel de calcul numérique et formel est au programme des classes préparatoires aux grandes écoles. Son intérêt a été signalé depuis plusieurs années (voir par exemple [Sarmant et Leroux, 1995], [Leroux, 1995], [Leprêtre, 1995], [Auger et Velay, 1998]). Il s'agit le plus souvent de Maple, plus rarement de Mathematica, et de "Derive" dans l'enseignement secondaire.

Logiciels de CAO En Sciences Industrielles, les élèves utilisent très souvent Mécaplan et DMT pour tracer et analyser les schémas de pièces.

Logiciels de pilotage de TP (Physique, SI) Il existe un grand nombre de logiciels différents, pratiquement tous conçus spécifiquement pour piloter une manipulation donnée.

1.1.2 Partage d'expériences ou de ressources

Partage de l'écran d'une machine. Lors de la démonstration d'un logiciel, il est commode d'afficher sur tous les écrans la copie exacte de celui du professeur, sans que d'autres puissent intervenir intempestivement, le temps de la démonstration, puis de permettre aux élèves d'expérimenter, chacun à son tour. Ce besoin n'est pas satisfait par WindowsXX

Partage d'imprimantes Les imprimantes sont relativement coûteuses, et il n'est donc pas concevable d'en associer une à chaque ordinateur. L'idéal est de disposer de deux imprimantes par salle, partagées par toutes les machines:

- une imprimante laser, rapide et peu coûteuse à l'usage.
- une imprimante à jet d'encre couleur, plus lent, réservée à des travaux spécifiques.

Partage de scanner Il peut également être très utile de partager un scanner à plat entre tous les postes d'une salle.

1.1.3 Accès à Internet

Accès aux documents Web L'accès pédagogique à Internet n'est envisageable que si l'on peut partager un accès rapide entre 8 à dix machines simultanément. Un proxy cache est indispensable: ce logiciel réalise un stockage des pages déjà demandées et un filtrage des adresses. Ceci permet de ne pas redemander un document déjà ramené par un autre élève, de limiter les consultations de sites à contenu... discutable, et d'empêcher les accès extérieurs à votre réseau.

Accès au courrier électronique Il n'est pas possible de fournir à chaque élève une adresse électronique, mais il est nécessaire que chacun puisse demander des renseignements par Internet pour les TIPE.

1.2 Les besoins personnels des professeurs

1.2.1 Logiciels

Logiciel de traitement de texte scientifique Il est intéressant de se constituer une bibliothèque de problèmes et d'exercices, qui permette une adaptation simple et rapide aux besoins des élèves de l'année. Le problème essentiel est alors la *portabilité*, pour assurer la durée de cette bibliothèque, et l'échange avec les collègues.

MSWord n'est pas satisfaisant, son éditeur de formules étant limité et non extensible, les différentes versions des fichiers doc étant incompatibles. Le problème se pose à chaque fois que l'on reçoit par Internet un fichier .doc, le plus souvent sans indications de version.

En pratique, on est obligé de se procurer la dernière version de MSWord, car il y a toujours un collègue débutant en Informatique pour envoyer le fichier sous le format par défaut, qui est celui de la dernière version de ce logiciel.

Gestion des notes Chacun a ses calculs de notes, son classement et ses moyennes à faire; pour cela il faut un tableur. L'idéal serait que le logiciel de notes de l'établissement accepte directement le fichier produit par le professeur, ce qui éviterait une pénible deuxième saisie.

Logiciel de calcul formel et numérique ouvert Il existe plusieurs logiciels de calcul formel, dont les formats d'entrée sont incompatibles, et présentant tous des bugs, plus ou moins graves. Ceux-ci ne sont corrigés que longtemps après qu'ils aient été signalés. Les corrections sont parfois difficiles à cause de l'imbrication de nombreuses portions de code aux interactions complexes.

En outre, il n'est pas possible, le plus souvent, de s'assurer de l'exactitude des algorithmes employés. C'est gênant dans l'enseignement, ce l'est encore plus en Recherche, où les moyens d'obtenir les résultats trouvés doivent pouvoir être vérifiés.

Un logiciel de calcul formel devrait être *ouvert, libre et modulaire*.

Installation à distance de nouveaux logiciels L'installation de logiciels dans une salle d'informatique est difficile: il faut que la salle soit libre suffisamment longtemps pour pouvoir installer et configurer des logiciels, ce qui est rarement le cas.

Mise à disposition des élèves de fichiers non modifiables Certaines expériences ne peuvent être réalisées qu'une fois, faute de matériel adéquat. Par contre, les élèves doivent pouvoir en réaliser personnellement l'exploitation. Pour cela, il faut permettre de partager les fichiers obtenus, sans que des interventions maladroites ne perturbent le fichier qui leur est proposé.

1.2.2 Communication entre professeurs

constitution de bases documentaires spécialisées Nous avons commencé à regrouper depuis plusieurs années sur support informatique les sujets de concours de façon à les réutiliser, et les modifier selon les besoins de nos devoirs surveillés. Le gros problème est alors de gérer l'hétérogénéité des formats, et les incompatibilités entre Word2, Word6, Word95 et bientôt Word 2000.

Les problèmes de *qualité*, de *compatibilité* de *durabilité* des fichiers se posent aussi.

listes de discussion Souvent les professeurs sont perplexes devant la rédaction des programmes, et une discussion entre collègues d'un même établissement n'est pas toujours fructueuse, faute d'un nombre suffisant d'enseignants partageant les mêmes soucis.

Les listes de discussion sur Internet permettent de rassembler, même par-delà les frontières, les professeurs de CPGE en petites communautés actives.

2 Les problèmes posés par Windows XXX

Modifications intempestives de configuration En moyenne 10 à 15% des machines d'une salle d'informatique ont un fonctionnement incorrect, par suite de manipulations hasardeuses, volontaires ou non.

Installation de jeux Malgré le temps limité d'accès aux ordinateurs, on trouve de temps à autre des jeux installés, bien cachés dans la hiérarchie des répertoires. Leur nombre dépend énormément de la politique d'accès aux salles d'informatique.

Introduction de virus Jusqu'à présent, l'essentiel était formé de virus de boot, faciles à détecter et à éradiquer. L'essentiel est maintenant formé de virus macros, apportés avec des fichiers Word, qui envahissent même les secrétariats.

Sur un poste contenant Word, et peu protégé, on peut estimer à 100% la chance d'observer un ou plusieurs virus macro en un an.

Nous commençons à voir de nouveaux types de virus, liés à une nouvelle possibilité, offerte par Microsoft explorer et Outlook Express, de lancer automatiquement des programmes attachés à un courrier électronique.

J'ai déjà observé (sans dommage) depuis la rentrée deux attaques de ce type, largement propagées par les indispensables listes de diffusion Internet.

Courrier électronique en réseau: L'utilisation collective d'un logiciel de courrier électronique est malcommode, la configuration étant *liée à une machine, et non à son utilisateur*. Il faut donc modifier les paramètres du logiciel de courrier à chaque fois que l'utilisateur change. Ceci s'applique aussi bien à Internet Explorer qu'à Netscape.

Mélange des fichiers: La conception du système Windows XXX est telle que, par défaut, les fichiers créés sont sauvegardés dans le répertoire courant, qui est en général celui d'installation du logiciel, qui se retrouve ainsi parsemé de fichiers toto.doc et autres trucs.doc

Lenteur de la machine en multitâche: Essayez donc d'imprimer, ou de formater une disquette, pendant que vous tapez du texte...

Difficulté de réparer une configuration défectueuse: A cause du caractère codé de la base de registres, un grave défaut dans celle-ci oblige à réinstaller en totalité non seulement Windows, mais les autres logiciels.

Coût des logiciels: Windows XXX:650F par poste
Maple: 1200F par poste.
Microsoft pack office:1000F par poste en version éducation
routeur: 3000F
total (approximatif) pour 10 postes: 31.500F

3 Les solutions

3.1 La solution Windows NT: un exemple

3.1.1 Le lycée Naval en 1995-97

Il s'agissait d'un réseau de 10 postes équipés de Pentium 90 (ce qui, dont l'un, mixte, jouait le rôle de serveur de cache, de routeur Internet, par l'intermédiaire d'un modem 36400bps, et de station de travail. Le réseau utilisait du câble coaxial à 10MB/s.

Coût de l'installation *logicielle*: serveur NT: 3.500F
licences stations NT:350F x9=3.150F
proxy: 4.000F
logiciel de mail réseau: 4.000F
licences Maple: 12.000F
MSOffice version réseau tarif éducation: 7.000F
total 33.650F

3.1.2 Avantages

La sécurité est assurée, de même que le partage de ressources.

L'établissement étant un internat, la salle des ordinateurs était en accès libre avec fermeture automatique de celui-ci après 23h30. Les accès internet n'étaient possibles qu'en présence d'un professeur.

Les logiciels Windows habituels étaient utilisés sans difficulté.

Chaque élève disposait d'un compte personnel avec mot de passe, et d'un répertoire personnel, accessible de façon identique depuis n'importe quel ordinateur de la salle. Ces répertoires étaient dupliqués à intervalle régulier.

Une seule imprimante était partagée par l'ensemble des machines. La fiabilité de l'installation était excellente, après une configuration un peu difficile au départ.

3.1.3 Inconvénients

Il avait été impossible de mettre sous NT les ordinateurs de la salle de Sciences Industrielles, ceux-ci étant interfacés avec les appareils de contrôle des expériences, et *les cartes d'interface ne fonctionnant pas sous NT*.

La gestion "à la souris" des 200 comptes élèves était fastidieuse en début d'année. La suppression des comptes des partants également, en fin d'année.

Le manque d'outils logiciels de contrôle réseau rendait son administration difficile.

Le serveur, trop chargé, ne fonctionnait pas correctement en station de travail. Il a donc fallu acheter une machine supplémentaire. Une version réseau de Word était installée, mais elle devenait inutilisable pour plus de 8 postes.

La fiabilité était bonne, pour un système relancé chaque jour. Les seuls problèmes rencontrés ont été créés par

- un vol de bouchon terminateur de réseau (intérêt?)
- un câble coaxial arraché par une chaise maladroitement déplacée.

Ces deux incidents ont occasionné une panne totale de réseau, ennuyeuse mais vite réparée.

Un autre problème était posé par l'utilisation des mots de passe, certains professeurs, et quelques rares élèves, étant incapables de taper au clavier en aveugle leur mot de passe, voire de le valider.

En résumé, il s'agit d'un système fiable, mais pénible à administrer, gourmand en ressources, et d'une remarquable opacité.

3.2 La solution Linux complète

3.2.1 Avantages

Les problèmes de sécurité et de coût logiciel sont totalement résolus.

Nous ne détaillons pas cette solution, Mr Potin la présentant par ailleurs de façon détaillée.

Nous ajouterons juste la remarque suivante:

Le partage d'expériences à distance peut être fait en utilisant VNC (voir [Roche 1999]) disponible dans le domaine public.

Coût logiciel total: 300F ou 12300F (avec Maple) pour 10 postes.

3.2.2 Inconvénients

- L'installation est plus délicate que celle de Windows, mais plus facile à contrôler. Il ne manque actuellement à Linux qu'un logiciel gratuit de reconnaissance de caractères...

- La fourniture par les conseils régionaux ou les mairies de machines de marque, utilisant des cartes non-standar, pose problème. Elles sont plus difficiles à installer, jusqu'à ce que la communauté linux développe des logiciels pour elle, ce qui prend souvent 6 mois...

- De nombreux enseignants sont "Windows-dépendants" et craignent d'être obligés de remettre en cause des connaissances lentement et parfois péniblement acquises. C'est ce qui explique les réactions parfois violentes auxquelles on peut se heurter, et la mauvaise foi de certaines études comparatives entre Windows et Linux.

3.3 Solution mixte

3.3.1 Exemple de configuration: lycée Ste-Anne en 1999

Pour favoriser une transition souhaitable, nous avons utilisé une solution mixte. (9 postes Windows 95 +serveur Linux).

Le réseau est sous Ethernet et utilise 2 hubs⁵. De la sorte, la fiabilité est bien améliorée, un câble arraché ou défectueux étant très facile à repérer.

Le serveur Linux utilise une distribution SuSE 5.2 qui n'a jamais nécessité de remise à jour. Il interagit avec les machines Windows par le protocole Samba qui permet de partager les répertoires des machines dans les deux sens, mais avec une sécurité non assurée par Windows. Ses fonctions:

- serveur de fichiers.
- serveur de noms pour le réseau
- routeur numéris
- proxy cache pour Internet.

Deux disques durs équivalents assurent le relai du système en cas de panne.

Le courrier électronique Nous n'avons pas réussi à configurer l'échange de courrier correctement avec notre fournisseur d'accès Internet, dont le serveur utilise Windows NT, donc des protocoles d'échange non standard.

La solution choisie, très simple, consiste à attribuer aux élèves ou professeurs qui en font la demande, une adresse électronique chez un fournisseur de mail gratuit utilisant le protocole POP3 (tous ne le font pas).

Le courrier est rapatrié en tâche de fond sur le serveur par Fetchmail, à chaque connexion Internet.

La sécurité: Elle n'est absolument pas assurée au niveau des postes Windows 95. Les fichiers que nous avons besoin de faire partager par les élèves sont installés sur le serveur, sur lequel les professeurs possèdent des comptes.

Nous avons dû installer des antivirus sur chaque poste Windows, ce qui encombre leur disque dur et les ralentit.

Quelques comptes sont attribués aux élèves qui ont besoin d'un e-mail pour leur travail, sur le serveur, sans que cela ralentisse le système.

Installation à distance de logiciels La solution adoptée mérite d'être mentionnée: elle utilise un logiciel réalisé par des hackers, et appelé BackOrifice. Il s'agit d'un serveur installé sur chaque machine Window, permettant de prendre le contrôle de la machine à distance. Ce programme réalisé pour démontrer la vulnérabilité de Windows au piratage, est parfait pour modifier à distance la configuration des machines, installer et supprimer des fichiers, changer des mots de passe.

Il peut être géré à partir de fichiers en ligne de commande depuis le serveur Linux, et est donc un excellent outil d'administration à distance. La seule précaution à prendre est de changer le port à partir duquel la communication s'établit, de façon à ce qu'un utilisateur malintentionné ne puisse en profiter.

Evolution vers du tout-Linux Elle doit, me semble-t-il, être progressive, pour ne pas occasionner de réaction de rejet de la part des professeurs.

5. Ce sont des appareils permettant d'amplifier et de rendre indépendants les signaux provenant de deux ordinateurs différents. De la sorte, si une ligne est défectueuse, seul l'ordinateur correspondant est affecté.

On peut commencer par mettre à la disposition de tous une machine avec un environnement comme KDE, permettant un usage commode d'Internet et du courrier électronique, en libre-service, y installer des logiciels comme Star-Office, et laisser les gens se familiariser peu à peu avec eux...

Les élèves, quant à eux, ont beaucoup moins de mal à s'adapter à un environnement logiciel nouveau.

3.3.2 La solution de M. Quercia

Mon collègue Michel Quercia, a équipé le lycée Carnot, de Dijon d'une façon voisine, mais bien plus élaborée.

Il existe 3 salles d'informatique, chacune équipée d'un serveur Linux. En cas de panne, l'un des deux autres serveurs prend la suite.

Chaque ordinateur est équipé de Win3.11 avec extension 32 bits, et d'un double boot. Les élèves ont donc le choix entre le fonctionnement sous Windows (pour les autres classes) et sous Linux (pour l'option informatique).

En cas de panne d'une machine, une disquette permet la réinitialisation et la connexion au réseau, ainsi qu'une réinstallation automatique de Windows.

Le choix de conserver Win 3.11 est volontaire. Comme cette version n'utilise pas de registres, la réinstallation automatique est facile. L'extension Win32s permet d'utiliser les logiciels 32 bits récents (mais pas les noms de fichiers longs). Il a publié un document [Quercia 1998] détaillant son installation.

3.4 Linux et les besoins du professeur

3.4.1 Windows n'est plus indispensable

Actuellement, un professeur n'a plus besoin de Windows pour son travail personnel, tous les logiciels qui lui sont nécessaires existant sous Linux, avec une fiabilité et une garantie de durée obtenue, non par la solidité d'une entreprise, mais par la communauté mondiale des utilisateurs de tel ou tel logiciel.

Le seul problème rencontré est l'absence de logiciel gratuit de reconnaissance de caractères...

3.4.2 Transition vers Linux

Elle doit être gérée avec progressivité. La première difficulté est d'installer Linux sur une machine totalement envahie par Windows. Pour cela, il est recommandé d'amener son ordinateur à une "install party" de Linux.

Ces réunions sont organisées par les membres d'associations Linux, comme Finix à Brest. Ils peuvent se charger de modifier l'installation, le plus souvent sans que vous perdiez vos fichiers, de façon à permettre ensuite d'installer Linux. Après cela, on peut lancer tantôt Linux, tantôt Windows, au choix.

Il faut ensuite installer des logiciels facilitant la transition. StarOffice est très recommandé, car il sait lire les fichiers Word, et existe aussi bien sous Windows que sous Linux. Pour les besoins d'un secrétariat, cet ensemble est largement suffisant.

Par contre, la conversion de fichiers scientifiques sera toujours délicate, notamment pour les graphismes. Elle peut se faire en exportant les images sous forme de fichiers postscript. Quant aux formules mathématiques, il n'existe actuellement à ma connaissance, aucune solution satisfaisante, pour assurer la conversion Word->Tex

4 Conclusion

4.1 Comparaison entre les solutions

Utilisation personnelle: Pour la commodité d'installation, Windows l'emporte d'autant plus facilement qu'il est préinstallé sur tous les ordinateurs que vous pouvez acheter⁶.

Pour la facilité d'emploi, Windows et Linux sont très comparables maintenant, (avec une légère supériorité pour Windows) mais l'ajustement à ses besoins propres est beaucoup plus fin sous Linux.

Pour les suites bureautiques, Linux se rapproche maintenant de Windows, à un coût largement inférieur.

Pour l'utilisation fine sous Internet (reroutage automatique de courrier, répondeurs, caches), Linux l'emporte d'une courte tête.

Pour la programmation, Windows vous enferme dans le carcan de la programmation visuelle. Sous Linux, tous les choix sont possibles.

Pour le coût, si l'on ne veut pas utiliser frauduleusement ses logiciels, l'économie procurée par Linux est considérable.

6. Il est maintenant possible d'obtenir de la même façon chez certains fournisseurs des ordinateurs avec Linux préinstallé.

Utilisation scolaire:

	Win98	WinNT	Linux
coût	moyen	élevé	presque nul
bugs	nombreux et gênants	peu nombreux, lentement corrigés	peu nombreux, très vite corrigés
logiciels bureautiques	bons, mais propriétaires	bons, mais propriétaires	moyens, en intense développement
Internet (station)	correct	correct	correct
Courrier électronique	faible	correct	très bon
Internet (serveur)	faible	bon	excellent
administration réseau	rudimentaire	inadaptée à l'administration d'une salle en libre-service. Convenable en secrétariat.	excellente
Documentation	faible	confidentielle	abondante
sécurité générale	faible	très bonne	très bonne
virus	nombreux, très contaminants	nombreux, peu dangereux	pratiquement inexistant
langages de programmation	assez nombreux, coûteux	assez nombreux, coûteux	très nombreux, presque tous gratuits
utilisation en Maths	bonne	bonne	bonne
utilisation pédagogique en programmation	peu adaptée	peu adaptée	excellente
utilisation en Physique	bonne	nulle	faible actuellement
utilisation en SI	bonne	nulle	faible actuellement
facilité d'installation	bonne	moyenne en réseau	très moyenne, en progrès

4.2 Nécessité du partage d'informations

L'utilisation de Linux en milieu scolaire est toute récente; il est donc nécessaire que les idées et les solutions trouvées soient partagées. Pour cela, rien ne vaut les listes de diffusion.

Les professeurs de classe préparatoire aux Grandes Ecoles en ont organisé deux, grâce au soutien logistique de l'ENSTBr, l'une consacrée à \TeX , l'autre à Linux. Ces listes sont privées, dans la mesure où il faut demander au responsable de liste son accord pour y adhérer, mais pas restreintes aux professeurs de CPGE. On peut contacter leur responsable:

sergbelh@club-internet.fr pour la liste ups-tex

Denis.Leger@enst-bretagne.fr pour la liste ups-linux

4.3 Nécessité de standards ouverts

Le succès d'Internet est dû à l'adoption de standards de communication simples et ouverts.

Il nous montre la voie à suivre pour une communication améliorée: les formats de fichiers doivent être clairement définis par une norme publique, et assez riche pour que l'on n'ait pas besoin de la modifier sans cesse.

En ce qui concerne les traitements de texte scientifiques cette norme existe: il s'agit de T_EX. En ce qui concerne les tableurs, la solution est sans doute moins claire.

En tout état de cause, il faut repousser la solution de facilité qui est l'échange de fichiers de format propriétaire, que ce soit Microsoft, Corel ou Staroffice. Cette facilité conduit en effet à des lendemains qui déchantent...

4.4 Nécessité d'un responsable réseau dans chaque établissement

Il existe, dans la plupart des établissements, un responsable de l'Informatique. L'expérience montre que cela ne suffit pas: le temps passé à administrer la communication entre ordinateurs, à repérer les sites utiles sur Internet, est souvent considérable.

Dans un établissement de petite taille, (une ou deux salles d'ordinateurs) le responsable Informatique peut aussi être responsable réseau. Si les besoins sont plus importants (CPGE, nombreux élèves) il est indispensable de scinder les responsabilités. Le gros problème est alors de trouver les compétences sur place...

Références

- [Céral, 1988] S.Ceral: *le tableur graphique en Sciences Physiques: utilisation en Chimie* **Troisièmes journées nationales Informatique et Sciences Physiques UdP (1988)**
- [Favre-Nicolin, 1988] R. Favre-Nicolin, JB. Maraninchi: *le tableur en Sciences Physiques: vers une programmation par objets.* **Troisièmes journées nationales Informatique et Sciences Physiques UdP (1988)**
- [Sarmant et Leroux, 1995] A.Leroux et JP Sarmant: *les outils numériques et de calcul formel.* **Septièmes journées nationales Informatique et Sciences Physiques UdP (1996)**
- [Leroux, 1995] A.Leroux *Les logiciels de calcul formel et leur usage en Sciences Physiques* **BUP, vol. 89 pp 5-24 Juin 1995**
- [Leprêtre, 1995] B.Leprêtre, R. Adad *Etude de quelques thèmes d'optique physique* BUP, vol. 89 pp 25-44 Juin 1995
- [Auger et Velay, 1998] F. Auger et B. Velay *Utilisation de Matlab pour la résolution de problèmes physiques* **BUP Vol 785-2 pp 207-215**

[Roche 1999]

Daniel Roche *Télé-maintenance et télé-intervention avec Linux* **Linux magazine France N°7 pp 30-33**

[Quercia 1998]

Michel Quercia *Mise en œuvre d'un réseau mixte Linux-Windows dans un établissement scolaire* <http://ups.enst-bretagne.fr/ftp/quercia/reseau-carnot.ps.gz>