



Enseignement de l'informatique en France au lycée

Sommaire

1 LA GESTION DU PROJET	6
1.1 LES TACHES.....	6
1.1.1 Définition des taches	6
1.1.1.1 La volonté d'être exhaustif.....	6
1.1.1.2 La nécessité des documents de fin de tache.....	6
1.1.2 Durées.....	6
1.1.3 Dépendances temporelles.....	6
1.2 AFFECTATION DE RESSOURCES	7
1.2.1 Par expérience	7
1.2.1.1 Samir a une connaissance particulière de la Tunisie et de son système éducatif	7
1.2.1.2 Alexandre est un ancien professeur de l'éducation nationale	7
1.2.3 Par goût.....	7
1.2.4 Par défaut	8
1.3 L'ENCADREMENT DE MR BUENO	8
1.4 LES DIFFICULTES RENCONTREES	8
1.4.2 Le suivi des taches.....	8
1.4.3 Taches mal réalisées.....	8
2 INFORMATIQUE THEORIQUE OU TECHNIQUE	10
2.1 DEFINITION DE LA SCIENCE INFORMATIQUE	10
2.2 INFORMATIQUE THEORIQUE	10
2.3 INFORMATIQUE TECHNIQUE.....	11
2.4 LA DIFFICULTE D'APPREHENDER CERTAINS OUTILS SANS AVOIR LES CONNAISSANCES DANS LE DOMAINE THEORIQUE	12
2.5 LA NECESSITE DE L'ASPECT THEORIQUE DE L'ENSEIGNEMENT AU LYCEE GENERAL EN FRANCE	12
2.5.1 Le lycée général n'a pas la vocation d'apprendre un métier aux élèves	12
2.5.2 Tronc commun pour la poursuite d'études.....	13
2.5.3 L'aspect scientifique de l'informatique à aborder.....	13
2.5.3.1 Un enseignement technique déjà dispensé dans d'autres établissements ou sous une autre forme.....	13
2.5.3.2 Les bacs techniques.....	13
2.5.4 L'aspect sociologique des sciences de l'information	13
3 ETAT DES LIEUX	15
3.1 L'INFORMATIQUE TELLE QU'ELLE EST ENSEIGNEE EN FRANCE, AU LYCEE GENERAL	15
3.1.1 Le B2i Lycée	15
3.1.2 L'option IGC en classe de seconde.....	15
3.1.3 Les quelques traces dans les programmes de mathématiques.....	15
3.1.4 L'absence de professeur d'informatique.....	15
3.2 L'INFORMATIQUE A L'ETRANGER	15

3.2.1 Certains pays réussissent toujours aux IOI.....	16
3.2.1.1 L'informatique a une vraie place dans leurs systèmes éducatifs.....	16
3.2.1.2 Une spécialisation plus poussée souvent pour réussir aux IOI.....	16
3.2.2 Des systèmes souvent très différents de celui de la France donc difficiles à étudier.....	16
3.2.2.1 Le cas de la Tunisie.....	16
3.2.2.1.1 L'informatique matière obligatoire au lycée dès les années 90.....	16
3.2.2.1.2 L'informatique matière de base pour toutes les sections en primaire et terminale.....	17
3.2.2.2 Le cas de la Pologne.....	18
3.2.2.2.1 Classement aux IOI.....	18
3.2.2.2.1 L'algorithmique est une obligation.....	19
3.3 COMPARAISONS ET CONCLUSIONS.....	19

4 PROPOSITION DE REFORME..... 20

4.1 POURQUOI UNE REFORME ?	20
4.1.1 Enseignement insuffisant au lycée pour bien appréhender ce que sont des études d'informatique	20
4.1.2 L'informatique est trop liée à l'enseignement des mathématiques	20
4.1.3 Certains concepts ne nécessitent pas de compétences poussées en mathématiques pour être mis en place	20
4.1.4 Certains mécanismes logiques peuvent être réinvestis dans d'autres disciplines.....	21
4.2 NOTRE PROPOSITION.....	21
4.2.1 Présentation générale.....	21
4.2.1.1 Une spécialité pour la filière S.....	21
4.2.1.2 Un B2i toujours présent	21
4.2.2 Les contraintes.....	22
4.2.3 Proposition de programmes et référentiels.....	22
4.2.3.1 les modalités d'enseignement.....	22
4.2.3.1.1 Type d'enseignement	22
4.2.3.1.2 Evaluation	22
4.2.3.2 Le programme.....	22
4.2.3.2.1 Algorithmique.....	22
4.2.3.2.2 Architecture	24
4.2.3.2.3 Stockage de l'information	24
4.2.3.2.4 Réseaux.....	25
4.2.3.2.5 Sociologie de l'informatique	25
4.2.4 Enseignant.....	26
4.2.4.1 Un nouveau diplôme d'enseignant	26
4.2.4.2 L'importance de la pédagogie	26
4.2.5 Impact sur le monde de l'enseignement supérieur.....	26
4.3 CERTAINS CHOIX ONT ETE ECARTES MAIS POURRAIENT ETRE REETUDIÉS.....	27
4.3.1 La création d'une nouvelle filière dérivant de la filière économique et sociale (ES)	27
4.3.1.1 Raisons.....	27
4.3.1.2 Les problèmes envisagés.....	27
4.3.2 Un enseignement optionnel pour tout le monde	27
4.3.2.1 Avantages.....	27
4.3.2.2 Inconvénients	28

Remerciements

Nous tenons à remercier notre tuteur **Mr Gérard Bueno** pour toute l'aide qu'il nous a apporté.

Tout au long du projet il nous a aidés dans la compréhension du sujet et nous a aidés à orienter nos recherches. Il a également fait preuve de calme et de patience pour nous recadrer lors des phases les plus difficiles du projet.

Un autre enseignant est à remercier aussi. Il s'agit de **Mr Robin Vivian** (enseignant à l'université de Metz) qui en plus de nous fournir ses supports de cours pour la partie sociologie de l'informatique, nous a beaucoup fait rire quand nous avons parcouru son cours plein de petites anecdotes humoristiques et de photos de Pamela Anderson.

Nous remercions **Ke Zhang**, étudiant chinois, qui a passé un peu de son précieux temps à nous décrire le système éducatif de son pays d'origine.

Nous remercions les **rédacteurs du site de l'EPI** pour la multitude des documents qui nous ont permis d'avancer dans notre recherche.

Nous remercions les **rédacteurs des articles de Wikipédia** que nous avons utilisés.

Nous remercions aussi **Mr Nicolas Manjarres** (CMA-CGM) pour sa participation à la correction de la présentation en anglais.

Nous remercions **tous ceux qui ne sont pas cités** mais qui nous ont aidés dans notre projet.

Introduction

L'informatique est-elle une science ou une technique ? C'est de cette question qu'est partie notre réflexion sur la place de l'informatique dans les enseignements dispensés au lycée général en France. Ce projet d'étude a pour but d'étudier la pertinence d'une réforme du système éducatif voulue par des associations comme l'EPI. L'informatique doit-elle être enseignée dans un établissement qui n'a pas pour but de former les élèves à un métier mais juste à leur donner les connaissances nécessaires pour leur permettre de faire le meilleur choix d'orientation post baccalauréat ? Nous avons tenté d'y répondre dans la suite du rapport.

Notre rapport se décompose en quatre grandes parties. La première concerne l'aspect projet de cette étude. On y présentera la gestion que nous avons prévue et appliquée dans notre recherche. La deuxième partie traite des différences entre deux aspects de l'informatique. L'aspect théorique de celle-ci et son aspect technique. Dans une troisième partie nous faisons un état des lieux de l'enseignement de l'informatique en France et à l'étranger. Pour finir nous donnons nos résultats et proposons une idée de réforme pour adapter le lycée général français à la société numérique actuelle.

1 La gestion du projet

Nous allons tout d'abord présenter la gestion de ce projet. Nous commencerons avec l'étape de définition des tâches puis de l'affectation des ressources. Nous continuerons en présentant l'aide apportée par notre tuteur Mr BUENO et finirons par parler des difficultés que nous avons rencontrées.

1.1 Les tâches

1.1.1 Définition des tâches

Première étape de notre gestion, elle a nécessité une implication totale afin de partir sur de bonnes bases. Deux choses étaient importantes : l'exhaustivité et les documents de fin de tâche.

1.1.1.1 La volonté d'être exhaustif

Le risque d'oublier une tâche importante est un risque majeur pour la bonne conduite d'un projet. Nous avons listé dans le désordre tout ce qui nous a semblé devoir faire pour finir le projet. Définir les tâches consiste à bien expliquer ce qu'on en attend. Les consignes devaient être claires afin qu'on sache vers quoi aller.

1.1.1.2 La nécessité des documents de fin de tâche

Chaque tâche était considérée comme terminée une fois le document de synthèse produit et validé. Celui-ci devait entre autre servir de source d'information pour les tâches qui suivaient.

1.1.2 Durées

La durée hebdomadaire à consacrer à ce travail a été fixée à 3 heures par personne et par semaine. En éliminant certaines semaines où on était surchargé de travail et les rares semaines de vacances qu'on pouvait prendre vis-à-vis de l'entreprise. Nous avons tous ensemble estimé la durée nécessaire pour terminer une tâche. Cela n'était pas facile car nous n'avions pas vraiment d'expérience dans un projet d'étude sans produit logiciel à livrer. Nous avons fait en sorte que notre estimation soit supérieure à la durée réelle pour avoir une certaine sécurité.

1.1.3 Dépendances temporelles

Certaines ont été faciles à déterminer. D'autres ont dû être définies pour ne pas dépasser la deadline et favoriser au maximum le parallélisme des tâches.

1.2 Affectation de ressources

Une fois les tâches définies, leur durée et leur organisation chronologique nous avons dû y affecter les ressources nécessaires pour ne pas dépasser la deadline. Nous avons pris en compte l'expérience des membres du groupe, leur capacité de rédaction et de structuration et le goût de certains pour certaines tâches.

1.2.1 Par expérience

Nos parcours sont très différents. Samir vient de Tunisie et a déjà une expérience professionnelle importante. Alexandre vient du monde de l'Éducation Nationale.

1.2.1.1 Samir a une connaissance particulière de la Tunisie et de son système éducatif

Samir vient d'un pays où l'informatique est enseignée dans les établissements comparables à notre lycée français. Il était donc particulièrement intéressant qu'il s'attelle à la tâche de l'étude des systèmes étrangers. Sa connaissance de la langue arabe lui permettait d'obtenir facilement des informations sur tous les pays arabophones.

1.2.1.2 Alexandre est un ancien professeur de l'éducation nationale

Alexandre vient du monde de l'enseignement secondaire. Il a beaucoup travaillé dans des lycées et connaît le jargon de ce milieu. Les documents propres à ce monde lui sont connus. De plus, il connaît le niveau de motivation que peuvent avoir des élèves de cet âge. Cela nous a permis de ne pas surcharger les programmes et de proposer des applications pédagogiques.

1.2.3 Par goût

Germain apprécie tout ce qui a trait aux sciences. Notre sujet portant sur l'informatique scientifique, il s'est proposé pour tout ce qui avait un lien avec l'épistémologie et le caractère scientifique de l'informatique.

Alexandre s'est proposé pour encadrer le projet car c'est une chose qu'il appréhende bien et qui lui plaît. De plus le sujet l'intéressait énormément puisqu'il vient de milieu de l'Éducation Nationale.

1.2.4 Par défaut

Le niveau d'anglais des membres du groupe a été pris en compte pour la réalisation de certaines tâches.

1.3 L'encadrement de Mr Bueno

Mr Bueno est à l'origine de ce sujet de projet. Il nous a, lors des réunions que nous avons eues, bien expliqué ce qu'il attendait de nous tout en nous laissant très libre sur nos conclusions. Il nous a fourni de nombreuses ressources à étudier pour qu'on ne cherche pas partout ce qui se trouve tout simplement quelque part.

1.4 Les difficultés rencontrées

Durant le projet nous avons dû modifier certains fonctionnements organisationnels. Plusieurs fois nous avons dû prendre des mesures pour être sûr que les tâches aboutissent. Les principaux problèmes venaient d'un manque de communication sur le suivi des tâches longues.

1.4.2 Le suivi des tâches

Les tâches longues sont les plus dures à suivre. Au début nous n'avions pas prévu de retour régulier d'informations sur le déroulement d'une tâche longue. Cela nous a posé problème quand nous nous sommes rendu compte qu'elle risquait de mettre en danger notre gestion de projet. Pour que cela ne se reproduise plus, nous avons décidé que toute tâche dont la durée était supérieure à 2 semaines devrait être supervisée par l'un des membres affecté et qu'il devrait chaque semaine informer le reste du groupe sur l'avancement.

1.4.3 Tâches mal réalisées

Certaines tâches n'ont pas été réalisées comme il le fallait et ont nécessité un travail supplémentaire pour pouvoir être validées. Cela s'est surtout produit quand nous sommes arrivés à des périodes critiques de nos emplois du temps. Les révisions, les autres

projets à rendre ont été des freins mais nous avons réussi à nous y adapter sans perdre de vue la finalité du projet.

2 Informatique théorique ou technique

« La science de l'informatique n'est pas plus la science des ordinateurs que l'astronomie celle des télescopes. » (Edsger Dijkstra, mathématicien et informaticien).

Dans cette partie nous allons tenter de bien expliquer la différence entre ces deux notions. De plus cette partie présente notre réflexion sur le choix de d'enseigner de l'informatique théorique et ou technique. Avant tout nous commencerons par rappeler ce qu'est l'informatique. C'est nécessaire car nous ne pouvons pas baser notre réflexion sur l'enseignement de techniques informatiques au lycée général. Nous avons donc fait le choix de proposer un enseignement théorique des sciences de l'information.

2.1 Définition de la science informatique

En 1966, l'Académie française a défini l'informatique comme la « Science du traitement rationnel, notamment par des machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux ». Le terme informatique désigne à l'origine l'informatique théorique : un ensemble de sciences formelles qui ont pour objet l'étude de la notion d'information et des procédés de traitement automatique de celle-ci. Comme toute science, l'informatique a un objet d'étude : le traitement automatique de l'information.

2.2 Informatique théorique

« L'informatique théorique est l'étude des fondements logiques et mathématiques de l'informatique. Plus généralement, le terme est utilisé pour désigner des domaines ou sous-domaines de recherche centrés sur des vérités universelles (axiomes) en rapport avec l'informatique. L'informatique théorique se caractérise par une approche par nature plus mathématique et moins empirique de l'informatique et ses objectifs ne sont pas toujours directement reliés à des enjeux technologiques » (Wikipédia)

Elle englobe des domaines tels que la théorie de la calculabilité, l'algorithmique et la théorie de la complexité, la théorie de l'information, l'étude de la sémantique des langages de programmation et la théorie des automates et des langages formels. La liste précédente n'est pas exhaustive. L'informatique théorique est basée sur la logique et les mathématiques. Cela lui permet d'être qualifiée de scientifique.

Nous tenons à préciser que nous regroupons sous le nom d'enseignement théorique deux notions. Nous entendons par enseignement théorique un enseignement basé sur

l'informatique théorique mais aussi un enseignement descriptif pour expliquer, faire toucher et sensibiliser.

L'étude de l'informatique théorique est un élément essentiel pour donner des bases solides en informatique. Elle permet de comprendre celle-ci en profondeur et d'en apprécier les mécanismes subtils. Cet enseignement est bien sur extrêmement intéressant puisqu'il amène à une compréhension fine de la matière. Le désavantage le plus important de cet enseignement est qu'il est basé essentiellement sur des mathématiques avancées mais aussi sur des visions conceptuelles loin d'être triviales. Néanmoins notre objectif n'est pas d'approfondir sur un domaine en particulier mais d'en faire apprendre les bases pour initier les élèves aux sciences informatiques. En partant de ce postulat il nous paraît essentiel de se focaliser sur un enseignement théorique.

2.3 Informatique technique

L'informatique technique est une application pratique de l'informatique théorique. Celle-ci englobe la plupart des outils informatiques qu'ils soient de programmation ou pas. L'apprentissage d'un langage de programmation et de ses spécificités à la mise en place d'une base de données relationnelle sont des exemples d'informatique technique. Le plus souvent, l'informatique technique fait abstraction de la plupart des concepts de l'informatique théorique. Il existe quasiment toujours des méthodes pour trier un tableau sans qu'on ait à se soucier de la manière dont elles le font.

Il paraît essentiel que la maîtrise de certains outils est indispensable aux élèves du secondaire pour la poursuite de leur études.

On peut citer par exemple l'utilisation des outils de traitement de texte pour écrire des rapports, des tableurs pour traiter des données, des navigateurs internet pour chercher de l'information. Ces outils de base leur seront majoritairement enseignés à travers le B2i. Nous n'avons donc pas la nécessité de prendre en compte ce besoin.

L'inconvénient des outils informatiques plus spécialisés comme les langages (impératif, fonctionnel, balisé, etc.) ou les logiciels (Gimp, Eclipse, PHPMyAdmin...) est que justement ils sont assez spécialisés et proches du monde professionnel. Ceci est un inconvénient car les élèves de la filière générale doivent justement apprendre des généralités qui sont utiles à la compréhension du monde actuel. Les élèves ne doivent donc pas trop rentrer dans la spécialisation.

Nous arrivons à la conclusion que l'informatique technique est trop spécialisée pour pouvoir être enseigné au lycée. Néanmoins l'apprentissage de ces outils possède une facette très ludique d'un point de vue pédagogique. En effet l'apprentissage de ceux-ci touche le quotidien des élèves et est donc vu comme très pragmatique. C'est pourquoi l'enseignement technique ne doit pas être totalement écarté et peut être utilisé comme exercice d'application ou à titre d'exemple concret.

2.4 La difficulté d'appréhender certains outils sans avoir les connaissances dans le domaine théorique

Comprendre la manière logique dont est stockée l'information dans une base de donnée relationnelle est un plus pour l'utilisation de requêtes. L'algèbre relationnel est nécessaire pour bien comprendre toutes les finesses de cette technique de modélisation de l'information.

Le problème principal concernant l'enseignement technique de l'informatique vient du fait que les environnements informatiques peuvent être très différents selon les établissements. Imposer un enseignement technique imposerait d'utiliser partout les mêmes langages et logiciels. La variété de ceux-ci comparés aux logiciels de bureautique par exemple semble rendre les choses peu envisageables. Un élève qui change d'établissement ne doit pas se retrouver totalement perdu en découvrant des outils qu'il ne connaît pas. Il faut donc limiter l'utilisation de logiciels spécifiques et donc l'enseignement technique.

2.5 La nécessité de l'aspect théorique de l'enseignement au lycée général en France

2.5.1 Le lycée général n'a pas la vocation d'apprendre un métier aux élèves

Le lycée général n'est pas conçu pour former professionnellement les élèves. Les enseignements qui y sont dispensés ne sont là que pour donner une culture commune, un socle de connaissances à tous les lycéens. Toutes les connaissances acquises durant cette période font partie d'enseignements théoriques. Par exemple, en chimie on étudie les réactions chimiques et pas la manière de les industrialiser.

2.5.2 Tronc commun pour la poursuite d'études

Le lycée n'est qu'une phase préparatoire aux études supérieures. Les compétences acquises au lycée doivent servir de base pour les années de scolarité qui suivront. Apprendre à programmer en Java n'est pas utile pour la majorité des élèves. Peu le réinvestiront plus tard. Par contre l'algorithmique peut être réinvestie plus facilement.

2.5.3 L'aspect scientifique de l'informatique à aborder

L'étude des sciences de l'information au lycée doit rester dans le domaine de la théorie. Les seuls aspects techniques abordés ne doivent l'être que dans un souci d'illustration. Certaines techniques informatiques sont enseignées dans d'autres types d'établissements et dans des filières différentes.

2.5.3.1 Un enseignement technique déjà dispensé dans d'autres établissements ou sous une autre forme

Les lycées généraux n'ont pas vocation à former professionnellement les élèves. Toutefois certains établissements ont cet objectif. Au lycée professionnel par exemple il existe des filières où l'informatique technique est présente. C'est le cas dans la formation de baccalauréat professionnel d'électronique par exemple. Au lycée technique, on trouve des filières comportant beaucoup d'informatique.

2.5.3.2 Les bacs techniques

Deux types d'enseignement des sciences de l'information sont dispensés au lycée technique. Une initiation avancée à l'informatique de gestion est proposée dans une spécialisation du baccalauréat STT. Dans cette filière, les élèves découvrent les systèmes d'information. Certaines filières STI proposent un enseignement de l'informatique industrielle. Dans les deux cas l'enseignement est axé sur la technique mais beaucoup de notions théoriques sont abordées aussi.

2.5.4 L'aspect sociologique des sciences de l'information

Le monde a changé avec l'évolution des sciences et techniques liées à l'information. L'élève doit être conscient des conséquences que l'informatique et les télécommunications ont entraînées. Cela passe par une présentation de l'histoire des

sciences de l'information et des communications ainsi que par les changements dans les sociétés qui se sont produits.

3 Etat des lieux

3.1 L'informatique telle qu'elle est enseignée en France, au lycée général

L'informatique est déjà enseignée, ou du moins évaluée au lycée.

3.1.1 Le B2i Lycée

Depuis quelques années le B2i est de plus en plus présent dans le monde l'Education Nationale. Une version de ce brevet est appliquée au lycée. Celui-ci a plus pour but de réduire la fracture numérique au sein des élèves que de les former à des concepts théoriques. C'est majoritaire de l'informatique technique et de l'éducation numérique. De toute façon il n'y pas de volume horaire fixe réservé à ce brevet tout comme il n'y a pas d'enseignant spécialisé pour ces enseignements.

3.1.2 L'option IGC en classe de seconde

Il existe une option IGC en classe de seconde générale. Celle-ci aborde un peu des notions d'informatique théorique mais surtout l'utilisation de techniques informatiques.

3.1.3 Les quelques traces dans les programmes de mathématiques

On note dans les programmes de mathématiques du lycée général quelques consignes quant à l'enseignement de l'algorithmique. Ces notions à aborder ne sont pas considérées comme obligatoires. Elles sont laissées à l'initiative de l'enseignant.

3.1.4 L'absence de professeur d'informatique

Ce manque de reconnaissance de l'utilité des sciences de l'information se manifeste aussi par l'absence de concours pour devenir professeur en informatique dans le secondaire. C'est un manque que nous avons l'intention de proposer de combler.

3.2 L'informatique à l'étranger

La situation française ne se retrouve pas dans de nombreux pays. Certains ont joué la carte de l'enseignement de l'informatique depuis longtemps. D'autres sont entrain de faire bouger les choses.

3.2.1 Certains pays réussissent toujours aux IOI

Les Olympiades Internationales de l'Informatique (IOI) permettent à des élèves de lycée (ou équivalent) de se mesurer dans une compétition internationale sur leurs capacités à produire des algorithmes et des programmes. Certains pays comme la Pologne, la Chine et les Etats-Unis par exemple obtiennent régulièrement de bons résultats.

3.2.1.1 L'informatique a une vraie place dans leurs systèmes éducatifs

Dans beaucoup de pays obtenant de bons résultats, le travail d'enseignant en informatique existe déjà. Les filières sont mises en place et les élèves ont le choix de s'orienter dans celles-ci.

3.2.1.2 Une spécialisation plus poussée souvent pour réussir aux IOI

Une de nos connaissances ayant fait son "lycée" en Chine nous a expliqué pourquoi la Chine obtient de si bons résultats. C'est en partie du au fait qu'ils motivent les élèves pour participer à cette compétition. Ceux qui obtiendront les meilleurs résultats se verront offrir l'opportunité de faire des études dans une grande école d'ingénieur informatique.

Nous imaginons que cela doit se passer de la même manière dans d'autres pays. Notre travail ne consiste en aucun cas de permettre à la France d'obtenir de meilleurs résultats aux IOI.

3.2.2 Des systèmes souvent très différents de celui de la France donc difficiles à étudier

3.2.2.1 Le cas de la Tunisie

3.2.2.1.1 L'informatique matière obligatoire au lycée dès les années 90

La Tunisie a sa propre vision pour le projet de l'enseignement de l'informatique dès les années 90. Une matière d'enseignement de l'informatique s'inscrit dans la logique de la réforme du système éducatif. La loi d'orientation de l'éducation et de l'enseignement scolaire stipule que l'école a :

« La double mission d'assurer la formation cognitive des apprenants et celle de leur faire acquérir les méthodologies de travail et de résolution de problèmes »

Le domaine de l'éducation ne peut rester indifférent au progrès des technologies de l'information et de la communication. En effet dans le "Programme des programmes, l'informatique contribue aux objectifs transversaux suivants :

- Faciliter l'accès à l'information en exploitant les outils informatiques (les outils logiciels et matériels)
- Acquérir une certaine autonomie et favoriser l'auto apprentissage,
- Résoudre des problèmes de notre vie quotidienne.
- Développer un esprit critique chez l'apprenant.
- Développer un esprit coopératif.
- Diversifier les modes de communication et en améliorer la qualité.

3.2.2.1.2 L'informatique matière de base pour toutes les sections en primaire et terminale

3.2.2.1.2.1 Section Sciences

Pour les trois sections dérivant de la filière « Sciences », l'enseignement de l'informatique est d'une grande utilité. En plus d'un savoir minimum en la matière permettant d'adhérer à la société numérique, les programmes d'informatique permettent à l'apprenant le recours à l'utilisation des services d'Internet et favorisent la capacité de produire, de faire part de ses idées, de chercher l'information et l'exploiter. La plus grande partie de ces programmes développent des aptitudes de résolution de problèmes chez l'apprenant. La démarche de résolution adoptée ainsi que la multitude de stratégies de résolution contribuent à améliorer les facultés cognitives et intellectuelles de l'apprenant. Les produits obtenus comme programmes solutions des problèmes posés favorisent l'autocritique et aide à l'auto-évaluation.

3.2.2.1.2.2 Section Economie & Gestion

Pour la section « Economie et Gestion » l'enseignement de l'informatique est un ensemble des savoirs et des savoir-faire spécifiques formeront le squelette des programmes des ces sections. En effet, ils comportent une grande partie permettant à l'élève de s'approprier les outils nécessaires pour concevoir et réaliser une publication ou un rapport numérique. L'apprentissage d'un traitement de texte permettra de répondre à ces objectifs et aussi d'automatiser beaucoup de tâches jadis assez compliquées quand on les faisait à la main. De plus, une grande partie de l'apprentissage dans ces sections est basé sur les calculs, les statistiques et les interprétations des graphiques et des courbes. Pour cette raison, le programme d'informatique alloue à l'apprentissage d'un tableur une place prépondérante. Pratiquement, tous les problèmes de calculs trouveront solution avec un tableur. Bien

entendu, l'apprenant saura aussi qu'avec des logiciels dédiés, les solutions aux problèmes posés seront plus simples. Cette option devrait développer chez l'apprenant une certaine autonomie d'apprentissage lui permettant de compter sur ses propres capacités en l'absence de l'enseignant. En parallèle à cette formation, un développement socioculturel chez l'apprenant devrait être assuré. C'est le côté citoyenneté de l'apprenant qui est visé. Cet objectif figure parmi les objectifs généraux stipulés dans la nouvelle loi d'orientation. Pour compléter ce programme, un cours allégé sur les bases de données permettra à l'élève de comprendre le fonctionnement du monde informatique dans lequel il vit.

3.2.2.1.2.3 Section Lettres:

Pour la section Lettres, l'enseignement de l'informatique est d'une grande utilité. En plus d'un savoir minimum en la matière permettant à l'apprenant d'adhérer à la société numérique, des savoirs et des savoir-faire spécifiques formeront le squelette des programmes de ces sections. En effet, ils comportent une grande partie permettant à l'élève de s'approprier les outils nécessaires pour concevoir et réaliser une publication ou un rapport numérique. L'apprentissage d'un traitement de textes permettra de répondre à ces objectifs et aussi d'automatiser beaucoup de tâches jadis assez compliquées quand on les faisait à la main. Bien entendu, l'apprenant saura aussi qu'avec des logiciels dédiés, les solutions aux problèmes posés seront plus simples. Cette option devrait développer chez l'apprenant une certaine autonomie d'apprentissage lui permettant de compter sur ses propres capacités en l'absence de l'enseignant.

3.2.2.2 Le cas de la Pologne

3.2.2.2.1 Classement aux IOI

Le choix de la Pologne comme exemple de comparaison n'est pas arbitraire. On se base toujours sur L'Olympiade Internationale en Informatique qui est une compétition internationale d'algorithmique et de programmation d'ordinateurs pour jeunes élèves.

Les 17èmes IOI (International Olympiad in Informatics) se sont déroulées du 18 au 25 août 2005 à Nowy Sacz en Pologne et ont réuni 276 lycéens de 70 pays différents. Des résultats décevants pour le pays organisateur de la compétition ont poussé le gouvernement polonais à amorcer une réforme du système éducatif dont l'un des objectifs a été de mettre l'informatique à la portée de tous les élèves. Suite à cette réforme, la Pologne a bien réussi les dernières compétitions de l'olympiade qui ont eu lieu en Égypte (2008) et en Croatie (2007). Lors de ces dernières éditions, La Pologne a obtenu ses meilleurs résultats depuis sa première participation en 1996 :

- Croatie 2007 : Le jeune polonais Tomasz Kulczyński a obtenu une médaille d'or et la 1^{ème} place au classement général, Marcin Andrychowicz a obtenu aussi une médaille d'or et la 6^{ème} place au classement général.

- Égypte 2008 : Une médaille d'or obtenu par Marcin Koscielnicki et la 3ème place au classement général, une nouvelle médaille d'or et pour la deuxième fois successive pour Marcin Andrychowicz et une autre pour Jaroslaw Blasiok ce qui explique bien la bonne décision prise par le gouvernement polonais dans le fait de mettre l'informatique à la portée de tous les élèves.

3.2.2.2.1 L'algorithmique est une obligation

L'informatique est une matière obligatoire à tous les niveaux d'apprentissage des élèves. Cette formation se décline en quatre étapes correspondant aux différents niveaux d'enseignement. Dans la « première étape » d'apprentissage, les élèves n'apprennent pas l'informatique au sens strict. Ils apprennent la façon dont ils peuvent utiliser les nouvelles technologies pour préparer et réaliser leurs devoirs. Mais l'informatique, en tant que discipline d'enseignement, est proposée dès le niveau suivant. Il s'agit de former les élèves à une utilisation correcte des différents outils technologiques ainsi qu'à des aspects spécifiques de l'informatique, comme l'algorithmique, le traitement de données, l'utilisation de langages de programmation tels Basic ou Logo, etc.

3.3 Comparaisons et conclusions

A l'étranger ou du moins dans les pays que nous avons étudiés, l'informatique y est principalement enseignée sous un aspect technique et professionnel. Visiblement cela porte ses fruits dans des compétitions telles que les IOI.

En France actuellement la majorité de l'enseignement ne porte que sur les techniques informatiques. Le B2i n'est là que pour combler la fracture numérique qui peut toucher certains groupes d'élèves n'ayant pas accès à ces technologies. Les quelques filières qui enseignent de l'informatique sont très axées sur la finalité professionnelle. Les quelques traces de sciences de l'information qu'on peut distinguer dans les programme de mathématiques du lycée général ne sont pas suffisantes pour véritablement faire découvrir cette discipline. Les élèves sont donc actuellement obligés de prendre un risque en s'engageant dans cette voie qu'ils ne connaissent pas assez avant de faire un premier choix d'orientation juste après le baccalauréat.

4 Proposition de réforme

L'objet de notre projet était d'estimer le manque de l'enseignement théorique de l'informatique dans le système éducatif français. Plus précisément, nous devons étudier la possibilité et la pertinence d'en intégrer dans les lycées généraux français.

4.1 Pourquoi une réforme ?

4.1.1 Enseignement insuffisant au lycée pour bien appréhender ce que sont des études d'informatique

Quand on choisit une filière au lycée, on essaye de se projeter dans l'avenir et de savoir vers quoi on s'oriente. Nous n'apprenons pas de métiers au lycée général. On se donne des bases pour nous permettre de continuer nos études. Une personne s'orientant en série scientifique se prépare à entrer dans une filière de formation à dominante scientifique. Bien sûr il est libre d'aller dans une filière économique mais il perd alors l'avantage d'en avoir fait au lycée.

Il existe pourtant un problème. De plus en plus de filières informatiques sont proposées. "Pourtant le lycée ne prépare pas ces élèves à ces nouvelles formations. Un élève devrait avoir la possibilité de découvrir au lycée la vraie nature des études scientifiques liées à l'informatique.

4.1.2 L'informatique est trop liée à l'enseignement des mathématiques

Les seules traces des sciences de l'information sont dans les programmes de mathématiques. Cela se résume souvent à la création et à l'utilisation d'algorithmes sur calculatrice programmable. Il est évident que l'informatique a un lien très étroit avec les mathématiques mais la physique aussi et elle est pourtant enseignée comme une matière à part entière.

4.1.3 Certains concepts ne nécessitent pas de compétences poussées en mathématiques pour être mis en place

On peut surtout apprécier l'informatique théorique sans pour autant maîtriser tous les outils mathématiques. Il ne sert à rien de savoir dériver une fonction pour produire un

algorithme de tri de tableau par exemple. Les compétences mathématiques à maîtriser pour aborder l'informatique théoriques ne sont pas exceptionnelles.

4.1.4 Certains mécanismes logiques peuvent être réinvestis dans d'autres disciplines

L'informatique théorique peut apporter beaucoup d'outils pour les autres matières. Tout d'abord en mathématiques en automatisant les calculs, en décrivant des procédures, en faisant travailler la logique. En sciences, l'application de concepts étudiés en informatique théorique pourrait permettre de modéliser plus facilement des simulations. En général, l'informatique théorique nécessite une rigueur qui peut être utile dans les autres matières. L'utilisation de certains formalismes utilisés en informatique théorique peut être réinvestie dans d'autres matières comme par exemple pour décrire un algorithme permettant de répondre à une question.

4.2 Notre proposition

Dans le cadre de notre projet on nous a demandé de faire une proposition de réforme permettant d'intégrer nos conclusions dans un programme de lycée général cohérent.

4.2.1 Présentation générale

Deux choses nous paraissent pertinentes pour permettre la mise en place de notre proposition de réforme. La première est la création d'une nouvelle filière et la seconde la conservation du B2i qui permet d'initier les élèves à l'informatique technique.

4.2.1.1 Une spécialité pour la filière S

Nous proposons de créer une nouvelle filière qui dériverait de la filière actuelle S en y intégrant notre programme et en supprimant certains enseignements, ou du moins, en réduisant leur volume horaire afin de libérer assez de temps pour traiter l'intégralité du programme sur les deux dernières années du lycée. Cette filière pourrait s'appeler S SI (Filières S Sciences de l'Information).

4.2.1.2 Un B2i toujours présent

Il nous paraît très important de garder le B2i au lycée pour qu'il puisse familiariser les élèves avec les nouvelles technologies et leur utilisation dans la vie quotidienne.

4.2.2 Les contraintes

La principale contrainte vient du volume horaire à intégrer dans la nouvelle filière. Nous sommes partis sur 3 à 4 heures d'enseignement des sciences de l'information par semaine. Ce volume ne sera possible que si l'on diminue le volume horaire des autres matières scientifiques. Pourquoi seulement les matières scientifiques ? Car le lycée forme les élèves en imposant un tronc commun minimum à tous ses élèves. Bien que cela soit une réforme envisagée pour l'année prochaine, nous considérons les matières générales comme l'histoire et la géographie très importantes. La réduction se ferait donc sur les heures de SVT ainsi que de Physique/Chimie.

4.2.3 Proposition de programmes et référentiels

4.2.3.1 les modalités d'enseignement

4.2.3.1.1 Type d'enseignement

Nous considérons qu'une grande partie du cours devra être présentée de manière traditionnelle telle qu'on enseigne actuellement les sciences. Les notions théoriques devront être appliquées au travers d'exercices et de travaux pratiques.

4.2.3.1.2 Evaluation

4.2.3.1.2.1 En cours d'année

L'évaluation en cours d'année pourra se faire par des devoirs sur table ainsi que sur des sujets d'études et des présentations orales de travaux de groupe.

4.2.3.1.2.2 Au baccalauréat

L'évaluation des connaissances au baccalauréat pourra elle aussi se faire de la même manière que les autres matières.

4.2.3.2 Le programme

Notre proposition de programme s'articule autour de cinq grands thèmes.

4.2.3.2.1 Algorithmique

4.2.3.2.1.1 Pourquoi cette matière ?

Nous considérons qu'il est totalement primordial que les élèves soient initiés à cette science. Elle permet de décrire des procédures et des méthodes d'une manière claire et rigoureuse. Cette matière est totalement réinvestissable avec un minimum d'effort en programmation, quelque soit le langage (mis à part certains langages particuliers). C'est un domaine fondamental de l'informatique qu'elle soit théorique ou technique.

4.2.3.2.1.2 Détails des compétences attendues

Produire un algorithme en utilisant du pseudo code.

L'élève doit se familiariser avec la logique et la syntaxe du code. C'est surtout la rigueur du raisonnement et la structure du code qui devra être respectée.

Lire un algorithme écrit en pseudo code ou sous une forme graphique.

L'élève devra être capable de comprendre un algorithme simple dont il n'est pas l'auteur. Le pseudo code devient alors un moyen de partager ses raisonnements.

Utiliser les algorithmes de base (tri, recherche,...).

Ces algorithmes portent en majorité sur les structures de données complexes. Les tris à bulle et par permutation font partie des algorithmes que l'élève doit savoir reproduire et utiliser. Il en existe d'autres mais l'exhaustivité n'est pas requise.

Manier une variable (déclaration, nécessité de l'initialisation, affectation, comparaison, notion de typage).

La notion de variable est primordiale dans un programme. Elle diffère largement de sa définition en mathématiques. La valeur NULL ou son équivalent sont propre à l'informatique et doit être présenté en même temps que le mécanisme d'initialisation.

Manier les structures de données de base (tableau et arbres).

L'élève doit être initié aux structures complexes. On se limitera aux arbres binaires et aux tableaux à deux dimensions au maximum.

Utiliser les structures de contrôle (si, sinon, selon ...) ainsi que les boucles.

Eléments de bases pour permettre une programmation dynamique, l'élève devra être capable de les utiliser sans aucun problème. Les boucles devront aussi être abordées. On limitera le nombre de boucles imbriquées à deux.

Factoriser certaines parties d'un programme.

Cette notion ne devra pas être présentée en début de cursus. On présentera le principe de la fonction car il se rapproche de celui utilisé en mathématiques.

Produire un algorithme récursif.

Simple initiation à la récursivité, l'élève devra être capable de produire des programmes récursifs pour calculer simplement certaines valeurs (factorielle par exemple).

Prévoir la sortie d'un algorithme.

L'élève devra être capable de faire tourner manuellement un algorithme relativement simple en tenant un journal des valeurs des variables pour prédire les valeurs produites en sortie d'un algorithme.

4.2.3.2.2 Architecture

4.2.3.2.2.1 Pourquoi cette matière ?

Loin de vouloir donner un cours technique sur l'architecture des systèmes existants, nous pensons qu'il est important que l'élève ait des notions de fonctionnement de base d'un ordinateur. On y présentera des notions communes à la plupart des machines depuis le début de l'ère informatique. On y décrira l'organisation logique des données et des traitements.

4.2.3.2.2.2 Détails des compétences attendues

Comprendre le fonctionnement général d'un ordinateur.

On appelle ici ordinateur un dispositif de traiter automatiquement de l'information sous sa forme numérique. Les seuls éléments à aborder seront l'unité de calcul, la mémoire et le bus.

Comprendre le fonctionnement général d'un programme.

L'élève devra appréhender l'intérêt d'un système d'exploitation dans le développement de programmes. Il devra prendre conscience de l'abstraction rendue possible en utilisant ce genre logiciel.

Comprendre la notion de processus.

On abordera ici les caractéristiques de cette unité de traitement (besoins et cycle de vie) et leur ordonnancement dans des systèmes de calcul simulant un parallélisme des tâches.

4.2.3.2.3 Stockage de l'information

4.2.3.2.3.1 Pourquoi cette matière ?

Dans cette sous partie on présente une notion fondamentale des systèmes d'informations : celle du stockage de l'information. Sa représentation, sa gestion et les traitements qui peuvent lui être appliqués seront abordés sommairement.

4.2.3.2.3.2 Détails des compétences attendues

Comprendre le modèle relationnel.

Le modèle relationnel doit être présenté comme une façon économique, flexible et pratique pour représenter de grandes quantités d'informations liées entre elles. On ne présentera pas dans cette partie les SGBD relationnel, seulement le principe des tables et des clefs.

Comprendre des principes de la compression de données.

On présentera ici les deux types de compressions : avec et sans perte. On précisera l'intérêt et les limitations de chacune. Des procédures de compression simples seront présentées et utilisées manuellement par les élèves.

Connaitre les principes de numérisation.

Passer de l'analogique ou du monde réel au monde numérique nécessite parfois de numériser l'information. On présentera ici les différentes méthodes appliquées aux formes courantes de l'information (images, vidéos, sons). On présentera ici les principes d'image vectorielle et d'image bitmap.

4.2.3.2.4 Réseaux

4.2.3.2.4.1 Pourquoi cette matière ?

Un système d'information nécessite de plus en plus de pouvoir communiquer avec des sites distants. L'élève sera donc sensibilisé à cette nécessité et on lui présentera quelques techniques d'échange d'informations entre systèmes distants.

4.2.3.2.4.2 Détails des compétences attendues

Comprendre comment l'information est acheminée dans un réseau.

En utilisant comme modèle le protocole TCP/IP (sans le nommer), on expliquera la manière dont les paquets sont routés. On abordera aussi les annuaires (DNS).

Connaitre des notions de topologie.

On présentera ici les différentes manières de relier des unités de traitements entre elle. Aucune manipulation ne sera réalisée. On présentera les principales architectures réseau, leurs avantages et leurs inconvénients.

4.2.3.2.5 Sociologie de l'informatique

4.2.3.2.5.1 Pourquoi cette matière ?

"L'informatique et l'ordinateur ne constituent (...) pas seulement une réalité scientifique et technique, mais un phénomène sociétal de grande ampleur, aux implications multiples, souvent ambivalentes, et aux conséquences souvent mal maîtrisées."(Module informatique et société numérique au lycée, Proposition du CREIS)

4.2.3.2.5.1 Détails des compétences attendues

Information, vecteurs d'information et support de l'information.

On définira ce qu'est l'information puis ses vecteurs et ses supports. On présentera l'évolution de ces moyens et on aboutira à Internet dont on présentera l'historique.

Les enjeux des TIC.

En partant du constat de la présence de plus en plus répandue d'outils informatiques dans la société, on présentera les changements qu'ils induisent sur la vitesse de propagation d'une information dans le monde ainsi qu'un volume toujours plus grand. On abordera aussi les dangers de cette nouvelle société sur les libertés individuelles.

Impact de l'informatique sur le monde du travail.

L'informatique dans notre société entraîne un bouleversement du monde du travail. On traitera ici les sujets concernant l'opposition et la coopération entre les systèmes et l'humain. On y présentera aussi les changements d'organisation nécessaires survenus dans les entreprises et les administrations.

4.2.4 Enseignant

Notre réflexion nous a amené à nous poser la question de la nécessité d'un nouveau profil d'enseignant. Actuellement, des notions d'informatique théorique sont abordées dans quelques matières scientifiques mais aucun de ces professeurs n'est capable d'assurer les enseignements que nous préconisons.

4.2.4.1 Un nouveau diplôme d'enseignant

Il nous paraît nécessaire pour mettre en place cette réforme imaginaire de créer un nouveau modèle d'enseignant. Sa formation serait axée sur les aspects théoriques des sciences de l'information tout comme notre programme.

4.2.4.2 L'importance de la pédagogie

La pédagogie est très importante pour arriver à transmettre ces savoirs. La capacité de l'enseignant à choisir des exemples assez distants d'applications professionnelles nous paraît très importante. Il ne faut pas que ce nouvel enseignant soit trop proche de l'optique mathématique des sciences de l'information tout en étant très pédagogue sur les outils mathématiques nécessaires à son enseignement.

4.2.5 Impact sur le monde de l'enseignement supérieur

L'enseignement supérieur est beaucoup plus conscient de la nécessité des sciences de l'information dans les différents cursus qu'elle propose. Créer une filière sciences de l'information au lycée permettra aux élèves de mieux cerner les aspects des cursus informatiques et d'améliorer les chances de succès de leur formation supérieure. On

aurait pu aussi se dire que les enseignements dans ce domaine pourraient être plus pointus dès le début de la formation mais cela handicaperait les autres élèves qui n'ont pas choisi cette filière au lycée.

4.3 Certains choix ont été écartés mais pourraient être réétudiés

4.3.1 La création d'une nouvelle filière dérivant de la filière économique et sociale (ES)

L'aspect sociologique des sciences de l'information nous a fait réfléchir à la possibilité de proposer un programme pour une deuxième filière science de l'information plus basée sur ces aspects.

4.3.1.1 Raisons

L'enseignement scientifique en ES est majoritairement mathématique. De plus les sciences humaines sont très présentes dans cette filière.

4.3.1.2 Les problèmes envisagés

D'une part cela remettrait un peu trop en cause le système éducatif français et d'autre part les volumes horaires des matières dans cette filière sont trop importants pour pouvoir intégrer une matière sciences de l'information sans dénaturer complètement ce baccalauréat.

4.3.2 Un enseignement optionnel pour tout le monde

La mise en place d'une option accessible à tous les élèves du lycée a été envisagée.

4.3.2.1 Avantages

Le premier des avantages perçu est tout d'abord de laisser le système relativement inchangé. Ensuite nous considérons que tout élève de lycée général peut avoir envie de se familiariser avec les sciences de l'information et être relativement compétent dans ce domaine.

4.3.2.2 Inconvénients

Le caractère optionnel par contre pose problème. Il risque d'entraîner un sentiment de sous matière pour cet enseignement et de ne pas être proposé dans tous les établissements.

Conclusion

Nous avons conclu que l'informatique peut être abordée de deux manières différentes selon le but recherché. Le lycée général doit rester général et il n'est pas compatible avec un enseignement technique de l'informatique comme il est dispensé dans certaines filières techniques. Seule l'informatique théorique peut être abordée dans ce type d'établissement. Ce n'est pas la conclusion qui a été appliquée dans les pays étrangers que nous avons étudiés mais nous sommes persuadés que c'est une bonne chose que d'envisager un enseignement non technique des sciences de l'information au lycée général. Cet enseignement doit porter sur les mécanismes fondamentaux qui mènent à la programmation et à la modélisation des informations mais aussi donner une vision sociologique des effets des TIC dans nos sociétés actuelles et futures.

Notre travail a été intéressant sur plusieurs plans. Nous nous sommes initiés aux systèmes éducatifs étrangers et avons pris contact avec les étudiants étrangers de la MIAGE pour qu'ils nous fassent part de leur expérience personnelle. Pour la majorité d'entre nous se mettre dans la peau d'un enseignant a été une expérience nouvelle. Le travail en groupe nous a aussi permis de travailler les compétences nécessaires à la cohésion d'un groupe très hétéroclite.

L'aspect présentation en anglais de ce projet d'étude nous a obligés à prendre conscience de nos niveaux d'expression anglaise et de nos faiblesses et forces dans ce domaine. La présentation se déroulant devant toute la classe en plus du jury, un travail sur la timidité a été réalisé, surtout dans une langue étrangère.

Ceci dit nous restons réalistes sur notre travail. Nous sommes conscient que nous n'avons pas disposé d'un temps suffisant pour pouvoir constituer un dossier très pertinent face à la question vaste et complexe de la place de l'informatique dans l'Education Nationale. Quoiqu'il en soit, notre étude nous semble cohérente et répondre à la question posée.

Bibliographie

Titre : Un module informatique et société numérique en classe de seconde
Source : EPI
Lien : http://www.epi.asso.fr/revue/editic/asti-itic-prog2e_0811.htm

Titre : Distinction entre informatique théorique et informatique technique
Lien : http://fr.wikipedia.org/wiki/Informatique_th%C3%A9orique
http://fr.wikipedia.org/wiki/Association_des_sciences_et_technologies_de_l%27information
<http://media.education.gouv.fr/file/77/6/776.pdf>

Titre : Epistémologie et technologie de l'informatique
Source : EPI
Lien : <http://www.epi.asso.fr/revue/71/b71p175.htm>

Titre : Programme informatique en prépa
Lien : <http://www.prepas.org/ProgrammesCPGE/OptionInfo.pdf>

Titre : Spécialité "Informatique et société numérique" en classe de terminale S en 2012
Lien : <http://www.education.gouv.fr/cid49667/vers-un-nouveau-lycee-en-2010.html>

Titre : Documents de réflexion sur la place de l'informatique en France
Source : EPI
Lien : <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0904c.htm>
<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0809h.htm>
<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0805b.htm>
<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0803d.htm>
<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0801d.htm>

Titre : Exemple de programme informatique

Source : EPI

Lien : <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0909d.htm>
<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0906e.htm>

Titre : Informatique à l'étranger

Source : EPI

Lien : <http://web-tic.net/>
<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1002f.htm>
<http://www.epi.asso.fr/revue/editic.htm>
<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0405a.htm>
http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1002f_prep.pdf
http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1002f_2.pdf