

UNE DÉMARCHE POUR L'ENSEIGNEMENT DES RÉSEAUX ET DE LA COMMUNICATION

**Philippe VIDAL, Yves RAYNAUD,
André AOUN, Patrick BERGOUGNOUX**

Résumé : cet article se propose de faire le point sur l'enseignement de l'informatique dans le domaine des réseaux. Il s'appuie sur nos expériences pédagogiques post-baccalauréat dans les filières informatiques (BTS, IUT, MIA, MAITRISE, DEA, DESS...)

Nous décrivons dans une première partie le « concept réseau » et son rôle prépondérant dans l'informatique d'aujourd'hui. Face aux problèmes posés par ce domaine complexe, nous énonçons quelques « règles d'or » pour une approche progressive et applicative conduisant à expérimenter des systèmes de communications locaux.

Nous exposons notre démarche didactique pour l'une des règles énoncées : « Apprendre la communication ». Nous l'illustrons à travers l'utilisation d'un logiciel d'enseignement assisté par ordinateur. Ce produit réalisé par notre équipe concerne le R.N.I.S. (Réseau Numérique à Intégration de Service). Il permet à un étudiant de se familiariser avec les concepts, les services, l'architecture et la mise en œuvre d'un réseau R.N.I.S.

I - INTRODUCTION

Le besoin de communiquer est un élément essentiel dans la vie actuelle (entreprise, société...). Les moyens informatiques tant matériels que logiciels assurant la communication connaissent un essor considérable. Les organismes de normalisation publient des avis et des recommandations de plus en plus nombreux. Les industriels proposent des regroupements de normes et des normes de fait, les utilisateurs entrent dans la danse et essaient d'imposer leurs vues : OSI, MAP, TOP, IEEE, X25, Internet, X400...

Les solutions proposées proviennent d'approches très différentes, parfois même opposées. L'enseignement des réseaux et de la communication devient une composante essentielle de la formation informatique. Il convient de l'organiser en étapes progressives en fonction du public concerné mais en un tout cohérent.

II - L'EFFET RESEAU

L'objectif essentiel du réseau est d'améliorer la productivité d'une organisation ou plus modestement d'un groupe de travail. Le réseau supporte la conversation de groupes et la messagerie et nécessite la mise en place d'archiveurs. Il n'est pas question de faire de l'élitisme en désignant qui a le droit de communiquer, tout le monde communique.

Il faut donc disposer :

- avec son poste de travail ;
 - * de moyens pour créer ou modifier des données,
 - * d'outils pour exprimer un échange de données ;
- entre les postes de travail ;
 - * d'une structure commune ou architecture.

On distingue plusieurs catégories de personnes concernées par la communication mais de motivations différentes.

Les utilisateurs ou futurs utilisateurs

Leurs besoins s'expriment en fonction de leur degré d'intégration sur le poste de travail informatique. Ils souhaitent :

- la banalisation du poste de travail, c'est à dire la possibilité d'accéder à l'ensemble des applications utiles à une position de travail ;
- pouvoir travailler à plusieurs sur les mêmes données en consultation et mise à jour (Partage des données , accès concurrents) ;
- maintenir, pouvoir améliorer l'ergonomie du poste de travail et conserver des temps de réponse satisfaisant ;
- avoir un nombre limité de contraintes imposées par la mise en œuvre de nouveaux équipements logiciels et matériels.

Les informaticiens ou futurs informaticiens

Leurs objectifs concernent les échanges d'information entre des utilisateurs locaux et distants ainsi que les transferts de données entre applications. Ces dernières sont souvent exploitées ailleurs et sur des machines différentes. Leurs demandes sont de :

- maintenir l'ouverture logicielle en s'appuyant sur des standards ;
- maintenir l'ouverture matérielle pour pouvoir bénéficier des améliorations de performances ;
- faciliter la diffusion et la maintenance des applications dans les établissements.

Les questionnaires

L'intérêt du questionnaire se situe sur un plan économique. La solution réseau quelle qu'elle soit demande un important investissement financier. Il souhaite protéger les investissements déjà effectués en :

- matériel, c'est à dire pouvoir récupérer en grande partie le parc existant et le faire évoluer progressivement ;
- logiciel, afin de pouvoir adapter au moindre coût des applications existantes ;
- partageant des ressources matérielles difficiles à amortir par un seul utilisateur (imprimante laser, table traçante ...) ;
- diminuant le coût unitaire du poste de travail ;
- ayant une configuration toujours strictement adaptée aux besoins, pour pouvoir gérer sa montée en puissance par l'ajout de modules supplémentaires.

La solution réseau doit satisfaire l'ensemble des besoins de ces différentes personnes. Le réseau met en disponibilité les ressources de l'entreprise ou du groupe de travail. Il doit être et rester un outil de travail fiable, sécurisé, simple d'emploi et efficace. De ces critères dépend son succès. Sa conception ne doit pas être une initiative isolée, mais un travail collectif intégrant notamment les utilisateurs.

La formation de tous, quelque soit son niveau ne peut être négligée. Il n'est pas possible de travailler dans un environnement multi-utilisateurs sans modification des méthodes de travail et sans discipline. Comprendre et participer sont les deux mots clé, car qu'est ce qu'un outil (le plus puissant soit-il) s'il n'est pas compris et accepté.

L'enseignement des réseaux est donc fortement dépendant du public concerné et de sa fonction future. Les objectifs et motivations de la formation peuvent être différents. Si l'objectif prioritaire est souvent d'apporter une compétence immédiatement utilisable dans le monde du travail, il apparaît important d'insister sur une formation de base générale qui doit permettre aux diplômés de suivre ultérieurement avec profit des formations complémentaires de spécialisation ou de reconversion.

III - LA DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE

L'évolution très rapide de l'informatique tant dans ses méthodes que dans ses techniques nous impose de donner aux étudiants un bagage intellectuel leur permettant d'évoluer aussi rapidement que leur discipline. Le domaine des réseaux est caractéristique de cette évolution.

Nos expériences pédagogiques dans différentes filières d'enseignement nous conduisent à énoncer quelques « *règles d'or* » pour une approche progressive et applicative vers des systèmes de communications .

Règle 1 : « Connaître les fondements et la terminologie »

Le réseau est un ensemble particulièrement complexe qui nécessite une structuration. La décomposition du système en sous systèmes jusqu'à des éléments directement exécutables est la meilleure approche. Afin d'assurer le maximum d'indépendance vis à vis du matériel et pour que le même logiciel puisse être utilisé par le plus grand nombre d'équipements, une décomposition en sept couches hiérarchisée est proposée par l'I.S.O.

La démarche suivie est analogue à celle que l'on retrouve dans la décomposition d'un problème global en sous-problèmes plus élémentaires dans la programmation structurée. Les diverses fonctions sont divisées en niveaux ou en couches. Deux utilisateurs ou entités d'une même couche, bien que n'étant pas situés au même emplacement, peuvent communiquer entre eux au moyen de protocoles ou règles propres à leur couche. Les entités d'une même couche sont appelées paires et chaque couche utilisera les services fournis par les couches inférieures [RUD 86].

Toute entité de chaque couche doit pouvoir communiquer directement avec l'entité correspondante dans la même couche située à un autre emplacement. La teneur du dialogue n'est pas affectée par les couches inférieures qui sont dites transparentes.

La connaissance du modèle de référence ISO/OSI permet d'acquérir une connaissance des concepts téléinformatiques utilisés et surtout de situer la terminologie. Le vocabulaire utilisé provenant de l'association des techniques issues du domaine de l'informatique et des télécommunications est principalement en langue anglaise. Un glossaire limité aux termes et expressions spécifiques du domaine des communications doit donc être élaboré puis complété à chaque étape de la présentation [mac 88]. Il peut comporter pour chaque terme et expression les éléments suivants :

Terme ou expression principal en français ;

- * synonyme français
- * équivalent anglais

Définition

Exemple

Acheminement

- * Routage
- * Routing

Détermination du chemin emprunté dans le réseau par une communication ou un paquet de données.

L'élaboration du glossaire au cours de la présentation du modèle de référence donne lieu à un échange permanent entre l'intervenant et les étudiants. L'évolution permanente du glossaire élaboré ainsi que sa mise à jour permet à l'étudiant de faire des retours arrière sur des notions déjà rencontrées dans un contexte différent et d'intégrer au rythme de l'exposé de nouvelles définitions. Une expérience de ce type de démarche a été réalisée (projet plato) en collaboration avec le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) supportée par un outil EAO. La méthode d'Enseignement Assistée par Ordinateur sensibilise les stagiaires aux concepts téléinformatiques et au vocabulaire associé.

Règle 2. Comprendre les fondements de la transmission de donnée et appréhender les divers mécanismes nécessaires au transfert de l'information.

L'un des premiers problèmes rencontrés pour le transfert de l'information à distance est lié à la disparité entre les signaux à transmettre et l'infrastructure de transmission existante. La nature de l'information à échanger est le plus souvent numérique. Les moyens de télécommunications surtout développés pour la transmission de signaux directement utilisables pour nos sens comme des signaux sonores sont de nature analogique. Les diverses techniques de modulation/démodulation, de codage en bande de base, de multiplexage en fréquence ou temporel méritent d'être présentées associées aux supports de transmission qui les utilisent.

Tout support de communication peut être en outre perturbé par des bruits d'origine diverses conduisant à des erreurs affectant un pourcentage d'éléments binaires. L'étude de mécanismes de protection contre les erreurs est le complément de l'étude précédente.

La mise en œuvre sous forme de travaux pratiques (connexion V24 , étude d'une sortie RS232, étude de modem, transfert de caractère entre deux machines, transfert de fichiers via KERMIT ...) ou de travaux dirigés (Codage de suite binaires, analyse de trames erronés ...) est nécessaire pour finaliser les connaissances théoriques présentées.

Règle 3 : Etudier les protocoles de communication

Les protocoles de communication utilisent les techniques de transmission précédemment évoquées. Ils correspondent à l'ensemble des règles convenus entre deux entités désirant communiquer de telle façon qu'un dialogue compréhensible pour les deux parties puisse être instauré [VID 87]. L'étude de ces protocoles est fondamentale car elle intervient dans la plupart des applications informatiques : de l'usage professionnel (réseaux bancaires, bases de données réparties ...), à l'usage grand public (le terminal Minitel). Les mécanismes mis en œuvre (identification, délimiteur, séquençement, mécanismes de crédit, contrôle de flux ...) peuvent être appréhendés sous forme algorithmique par des exercices de simulation (écriture dans un pseudo-langage de protocoles de type « stop and wait » ou « sliding windows »). Des projets correspondant à l'écriture de protocoles avec des langages évolués (Pascal , C ...) peuvent être développés dans le cadre de travaux pratiques.

Règle 4 : Utiliser et manipuler un réseau en vrai grandeur

Mettre en œuvre les connaissances théoriques acquises sur un réseau en vrai grandeur, sous forme de travaux pratiques est le complément indispensable à une formation réseau. L'étude des réseaux locaux de micro-ordinateurs est la meilleure approche car plus facile à expérimenter dans le cadre de l'enseignement.

La solution la plus économique est proposée par les systèmes d'exploitation réseau basés sur DOS mais leurs performances sont limitées et les fonctionnalités qu'ils offrent en matière de sécurité et d'interface utilisateur sont inférieures à celles proposées par des produits plus récents.

L'utilisation de ces réseaux permet d'acquérir les notions de ressources partagées de se poser les problèmes de configuration et de partage d'imprimantes. Les étudiants ont l'occasion d'observer les différents couches de l'architecture logicielle. Ils reçoivent une initiation à la programmation directe du réseau (netbios) et peuvent réaliser des travaux pratiques correspondants.

D'autres systèmes d'exploitation de réseaux locaux spécifiques comme Nnetware offrent une vitesse de travail exceptionnelle mais au prix d'une configuration de logiciels serveurs compatibles avec tout type de réseau du marché. L'émergence des systèmes d'exploitation de réseaux locaux basés sur OS/2 tel Lan Manager offre les performances et le support des protocoles classiques en plus d'un environnement de programmation traditionnel. Quelque soit le réseau utilisé, les différentes étapes d'installation de gestion de maintenance et les problèmes qu'elles posent sont bénéfiques autant d'un point de vue pratique que théorique. De plus, un certain nombre de problèmes relatifs à la programmation système (synchronisation, temporisation, partage de ressources) peut par ce biais être évoqué et expliqué.

Règle 5 : comprendre les notions d'administration réseau.

La gestion d'un réseau correspond aux niveaux d'administration suivants :

Administration physique

Elle a pour objectif de tenir à jour la documentation du réseau après chaque modification, d'analyser les statistiques de charge du réseau pour essayer d'en prévoir la saturation avec suffisamment d'avance. L'administrateur physique doit prendre en charge le câblage, l'installation de prises (type, nombre, emplacement) et la mise en œuvre de passerelles ou de ponts permettant l'ouverture vers d'autres réseaux locaux ou généraux.

Administration logique

Elle conduit à la définition du réseau logique. Elle prend en charge l'installation des applications réseaux, la gestion des ressources (nom du réseau, organisation des données ...) ainsi que les niveaux de sécurité (mots de passe, droits d'accès au répertoire et aux fichiers, privilège ...). L'administrateur logique a pour charge l'organisation de l'exploitation réseau et l'assistance aux utilisateurs [BEN 89].

Toutes ces notions d'administrations logique et physique doivent être évoquées. Elles peuvent faire l'objet d'études de synthèse d'un point de vue pédagogique. L'analyse d'un cas concret mettant en relation des utilisateurs et leurs besoins en termes d'application informatique doit permettre d'élaborer le schéma physique du réseau (nombre de postes, nombre de serveurs, plan de câblage, topologie, protocoles à mettre en œuvre ...) et le schéma logique à travers des tables de décision mettant en association les ressources, les utilisateurs et les groupes, ainsi que les droits d'accès correspondants.

Règle 6 : Analyser le fonctionnement du réseau

Le monde des analyseurs de réseaux, principalement dans le domaine des réseaux locaux est en pleine effervescence. Les analyseurs permettent de valider le fond et la forme du réseau tant par ses aspects protocoles que sur des aspects dynamiques de niveau applicatif. Ces systèmes peuvent être classés en quatre grandes familles :

- les contrôleurs de réseaux ;
- les valises de tests ;
- les analyseurs de réseaux ;
- et les analyseurs de protocoles.

Les contrôleurs de réseaux sont destinés à vérifier l'état d'un câble. Ce sont des outils de tests spécifiques indépendants des aspects réseaux. Ils opèrent au niveau physique et servent à vérifier le bon état électrique des signaux transmis sur le réseau.

Les valises de tests permettent d'intervenir au niveau du réseau, de ses composants, de sa charge et s'installent sur le réseau comme des stations actives. Elles ont connaissance du protocole utilisé, le respectent et l'utilisent pour faire leurs diagnostics (simulation de charge, mesures de performance, test de stations...).

Les analyseurs de réseaux sont les systèmes les plus répandus, ils permettent de gérer le réseau et d'en assurer la maintenance. Ils offrent la possibilité à l'utilisateur de connaître l'état du réseau, le trafic en cours, les stations émettrices et réceptrices, les statistiques sur le trafic.

Les analyseurs de protocoles ont en plus des capacités d'analyse, de synthèse et de graphisme. Ce sont des outils haut de gamme destinés à des ingénieurs d'étude plus utilisés dans le cas de la mise au point d'applications réseaux que pour la simple gestion et maintenance du système.

L'utilisation de ces outils, dans la mesure du disponible, est l'étape terminale de notre démarche pédagogique. Elle permet de valider et de parfaire la compréhension de toutes les règles précédemment évoquées.

L'enseignement de la communication a concentré une certaine partie de nos efforts et nous avons dans ce but illustré la règle 3 « *Etudier les protocoles de communication* » par la réalisation d'un outil didactique, expérimenté dans le cadre de nos enseignements.

IV- APPRENDRE LE RNIS EN 8 LEÇONS :

Il apparaît clairement qu'un effort de présentation et de synthèse est à fournir pour faciliter la compréhension d'un protocole de communication. Le logiciel EAO « RNIS » proposé dans nos différentes filières d'enseignement se divise en 8 leçons de 20 minutes chacune illustrées par des scénarios de fonctionnement.

Nous avons recherché la convivialité du logiciel en mettant en œuvre un ensemble d'outils de présentation. Différentes fenêtres de visualisation, des effets vidéos, des messages utilisateurs, des exercices (questions/réponses, choix multiples...) favorisent l'apprentissage et la concentration de l'étudiant.

Les différentes leçons sont regroupées par thèmes et sont suivies d'un test permettant à l'étudiant de vérifier ses connaissances.

Les thèmes abordés sont les suivants :

1. Etude de l'existant dans le domaine des télécommunications.
2. L'idée de base du RNIS : Numérisation et Intégration.
3. L'architecture générale du RNIS.
4. La couche physique RNIS.
5. La couche liaison RNIS.
6. La couche réseau RNIS.
7. Le RNIS et les autres réseaux : Passerelles.
8. Limites et Perspectives.

L'étudiant tout au long de l'apprentissage se construit un support de cours sur les éléments essentiels contenus dans la leçon. Des compléments d'information et des exercices pratiques sont alors proposés pour parfaire les connaissances acquises

CONCLUSION

Il reste beaucoup à dire sur l'élaboration d'une méthodologie adaptée à l'enseignement des réseaux. Il est fondamental de l'aborder par étapes progressives en fonction du volume horaire accordé à cet enseignement. Si dans les diverses parties théoriques les étudiants sont un peu réticents, leurs remarques montrent une satisfaction et une prise de conscience de l'ensemble des problèmes posés par la

mise en œuvre d'un réseau. Les divers travaux pratiques et travaux dirigés permettent de répondre aux objectifs suivants :

- étudier globalement la réalité d'un réseau en s'attachant au rôle rempli par chaque couche,
- placer les étudiants devant des problèmes fréquents,
- les responsabiliser en leur montrant que les solutions retenues ne peuvent être des choix abstraits mais des réponses justifiées techniquement et économiquement.

VIDAL Philippe

maître de conférences à l'Université Paul Sabatier

RAYNAUD Yves

professeur à Université Paul Sabatier

AOUN André

maître de conférences à l'Université Paul Sabatier

BERGOUGNOUX Patrick

ATER à l'Université des Sciences Sociales
Laboratoire IRIT / SIERA Bat 1R1,
Université Paul Sabatier
118 route de Narbonne
31062 TOULOUSE Cedex
Tel : 61.55.67.68

BIBLIOGRAPHIE

- [BEN 89] *Gestion de la communication en réseaux hétérogènes : un environnement logiciel*, Thèse de l'UPS, Octobre 89
- [MAC 88] C. MACCHI, J.F. GUILBERT, *Transport et traitement de l'information dans les réseaux et systèmes informatiques et télématiques*, Dunod Informatique 1988
- [ISO 84] *Interconnexion de systèmes ouverts « Spécification du protocole de transport »*, DIS 8073, Septembre 1984
- [RUD 86] M. RUDNIANSKI, *Architecture de réseaux : le modèle iso, rôle et fonctionnalités*, Editest, 1986
- [VID 85] P. VIDAL, A. BENZEKRI, T. DAVID, « Protocoles de communication : Implantation de protocoles de transport orienté connexion » *Actes des journées ANL - SITEF*, Octobre 1985
- [VID 87] P. VIDAL, *CAMPUS : Analyse et implantation de protocoles de transports*, Thèse de troisième cycle, Septembre 1987