N° d'ordre : 701

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE FLANDRES ARTOIS

pour obtenir le titre de

DOCTEUR ES SCIENCES

par

Philippe LOOSFELT

ETUDE ET CONCEPTION D'UN SYSTEME DE COMMUNICATION POUR L'EAO : LE NANORESEAU

Soutenue le 26 Septembre 1986 devant la Commission d'Examen

Membres du Jury :	Président	G.	SALMER
	Rapporteurs	J.P.	DUBUS
		G.	COMYN
		J.	HEBENSTREIT
		W.	MERCOUROFF
		C.	PAIR
	Invités	J.	HENRARD
		A.	LEBRUN
		J.	LOSFELD
		B.	PRONIER

REMERCIEMENTS

Le Nanoréseau est le fruit du mariage contre nature d'un TO7 et d'un SILZ/3, deux micro-ordinateurs très différents. C'est Monsieur le Professeur LEBRUN qui, à notre connaissance, a eu le premier l'idée d'associer ces deux machines, ce même M. LEBRUN qui a guidé toute ma carrière : il fut mon employeur au Centre Université Economie d'Education Permanente qu'il a créé, ainsi que mon directeur de recherche. Il a toujours fait confiance à ceux qui l'entouraient, et cette confiance m'a permis d'avancer. Il n'y a pas de mot pour lui dire ma reconnaissance.

Le Nanoréseau a "pris corps" lors de la première rencontre avec la société LEANORD. J'ai eu la surprise de retrouver un ami d'enfance perdu de vue : Monsieur Jean JONGLEZ. Il m'a fait confiance et m'a accompagné tout au long du démarrage du produit. Cette amitié ancienne et cette confiance nouvelle ont été plus utiles à la bonne marche des travaux que n'importe quel contrat.

Ce même jour, l'aventure du Nanoréseau a débuté, sous la forme d'un pari engagé avec Monsieur Thierry BALENGHIEN, du C.U.E.E.P. : la liaison entre les deux micro-ordinateurs était une vraie gageure, et nous y avons investi toute notre énergie. C'était le début d'une longue collaboration et d'une grande estime.

Monsieur Xavier COINE nous a rejoints à cette époque : il était l'informaticien de l'équipe. Il eut beaucoup de mérite à supporter les électroniciens, et ce fut réciproque. Qu'il soit aujourd'hui remercié de ce qu'il a été, et de ce qu'il m'a appris.

Pendant un an et demi, par vagues, nous avons "materné" tous trois notre Nanoréseau, en sollicitant régulièrement l'aide de Monsieur Claude VIEVILLE qui nous a toujours offert le concours de ses compétences et de sa bonne humeur dans les moments difficiles. Nous ignorerons toujours s'il s'est rendu compte de l'aide précieuse qu'il nous a apportée.

Cette période de "maternage" a pris fin lors de l'arrivée des serveurs "16 bits", et j'ai eu le plaisir et la chance de travailler avec de nouveaux interlocuteurs qui sont venus apporter leur savoir-faire dans cette réalisation.

- Monsieur Claude BARBOT, et son équipe "Recherche et Développements" de la société LEANORD qui ont effectué le transfert sur serveur 16 bits. Ils ont apporté à ce produit une qualité et un fini professionnel. Nous avons découvert dans cette équipe une cohésion, un dynamisme, un niveau d'exigence peu commun.

- Monsieur Gilbert CORNILLET, du Centre National de Documentation Pédagogique, qui a implanté sur le serveur le système de gestion de fichier, dans des conditions de travail à la limite du supportable, tout en conservant sa finesse et son calme.

- Ces travaux nous ont également permis de travailler avec les constructeurs du TO7/MO5, et en particulier Messieurs HENRARD, PEYRET et MENAND de la SIMIV. Nous avons toujours été impressionné à la fois par leur compétence technique, leur simplicité et leur ouverture. Notre seul regret est de n'avoir plus de prétexte pour les rencontrer.

A côté de tous ces acteurs techniques, de nombreuses personnes ont ont environné la naissance du Nanoréseau en intervenant en particulier au niveau de l'infrastructure et de la diffusion du produit.

- Messieurs PRONIER et STACH, de LEANORD, qui ont dû, bien souvent, frémir à la pensée des risques industriels qu'ils encourraient sans pouvoir mettre directement la main à la pâte. Le succès du Nanoréseau est une preuve illustre de leur capacité à évoluer dans ce monde industriel et commercial si rude et difficile.

- Monsieur Joseph LOSFELD, professeur et directeur du CUEEP, qui a fait confiance au Nanoréseau en y investissant les moyens de développement à une époque où nul ne pouvait imaginer la suite des évènements. Qu'il soit remercié de l'aide et de la confiance qu'il nous a toujours manifestées.

- Monsieur Alain DERYCKE, maître de conférence au CUEEP. Ses connaissances encyclopédiques l'ont désigné pour être le porte parole du Nanoréseau. Notre succès est dû également à sa vision prophétique de l'avenir des réseaux, qu'il communique autour de lui.

La dernière étape du Nanoréseau consiste en la réalisation de ce document destiné à rendre compte de l'ensemble des travaux à l'Université. Je remercie vivement les personnes qui m'ont aidé et guidé dans ce travail de mise en ordre des idées.

J'exprime tous mes remerciements à Monsieur PAIR, Professeur à l'Université de NANCY. Il m'a incité à aller plus loin dans la description des couches du Nanoréseau. Toute l'étude sur les diverses couches doit beaucoup à son impulsion.

Ainsi que de nombreux enseignants, je dois beaucoup à Monsieur HEBENSTREIT, Directeur du service Informatique à l'Ecole Supérieure d'Electricité, pour la conception de l'EAO qu'il a défendue en de nombreuses circonstances : l'ordinateur n'est pas une "machine à enseigner" mais un outil pédagogique extraordinaire qu'il importe de maîtriser.

Je remercie particulièrement Monsieur MERCOUROFF, Professeur à l'Ecole Normale Supérieure, pour cette synthèse qu'il m'a aidé à approcher entre la révolution fatale qui accompagnera l'introduction de l'ordinateur dans la pédagogie, et la continuité et la stabilité nécessaires à l'enseignement.

J'avoue mon grand étonnement de constater que des personnes dont l'avis, en France, a tant de poids, tels Messieurs MERCOUROFF, HEBENSTREIT et PAIR, sont si proches des préoccupations des enseignants sur le terrain. C'est probablement grâce à la clairvoyance de telles personnalités que l'Enseignement Assisté par Ordinateur, en France, peut et pourra aboutir à des résultats remarquables.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur COMYN, Professeur d'informatique de notre Université. En tant qu'animateur de recherche, il impulse de nombreux travaux en intelligence artificielle. Il a accepté de quitter momentanément son domaine d'abstraction pour s'interesser à l'aspect très "appliqué" du Nanoréseau.

Monsieur SALMER a accepté la Présidence du jury. En tant que Professeur d'Electronique, il est confronté à des signaux électriques de vitesse sans commune mesure avec le Nanoréseau, et il a acccepté, lui aussi, de rétrograder provisoirement pour examiner ce travail. Qu'il en soit vivement remercié.

Je présente mes plus vifs remerciements à Monsieur le Professeur Jean Paul DUBUS, qui a accepté de diriger ces travaux de thèse : J'avais eu l'occasion de l'apprécier au cours de mes études et lors de la première thèse. Tout au long de l'aventure du Nanoréseau, lui même et M.WATTRELOT m'ont assuré l'infrastructure d'un laboratoire d'électronique performant. Dans la rédaction de cette thèse, il a su, avec beaucoup de patience et de doigté, me pousser à approfondir mes intuitions pour mieux exprimer les diverses étapes de ma démarche.

Enfin je remercie Marie Claude, mon épouse, et mes enfants François, Aline et Jérémie : en acceptant depuis tant de mois un manque de disponibilité permanent, ils ont porté leur part dans cet énorme chantier. Une consolation pour mes enfants : dès maintenant, à l'école, ils profitent du résultat de ce travail.

INTRODUCTION

L'Enseignement Assisté par Ordinateur offre au monde pédagogique la plus belle épopée de son histoire. Ce domaine éveille beaucoup d'enthousiasme - et de rêves-, mais suscite beaucoup de craintes que l'on pourrait ainsi caricaturer :

- le tailleur d'antan est devenu le manoeuvre qui alimente la machine en pièces de tissus ; l'enseignant deviendra-t-il le pupitreur des salles d'EAO ?

- L'ordinateur peut offrir un système éducatif cohérent aux isolés, tels les malades, mais l'enseignement va-t-il se calquer sur ce modèle heureusement marginal ?

- Chacun connait la sélection par ordinateur utilisée dans les études de mèdecine. Est-ce le prélude à un système universel de contrôle de connaissances ?

I) LES PROMESSES DE L'E.A.O.

Ces peurs des déviations de l'EAO ne justifient pas le rejet des ordinateurs. Un outil n'est ni bon, ni mauvais, et l'ordinateur n'est qu'un outil simple et performant : il est appelé à jouer un rôle unique dans l'enseignement pour les 3 raisons suivantes :

A) Il offre au formateur un nouveau moyen d'expression pour transmettre le savoir, avec un degré de liberté inconnu jusqu'alors.

B) Il a le temps et la patience de travailler au rythme de l'élève sur une notion à assimiler ou un problème à dépasser.

C) Il ouvre de larges perspectives en docimologie, depuis les tests personnalisés jusqu'aux analyses croisées sur les résultats des contrôles de connaissances, permettant ainsi à l'enseignant d'évaluer la performance de sa stratégie pédagogique.

II) UNE MACHINE CIBLE UNIQUE

Le besoin de réseau est venu de notre pratique d'enseignant au Centre Université Economie d'Education Permanente. Nous avons disposé très tôt d'un parc de micro-ordinateurs regroupés dans un laboratoire d'EAO. C'était une juxtaposition de machines à laquelle manquait cruellement un dispositif de liaison.

Pour combler cette lacune, les conclusions du technicien rejoignaient les conclusions du pédagogue : tout effort ne se justifiait que si notre machine cible était unique : autant un logiciel qui se veut universel se dégrade parce qu'il doit se contenter du "dénominateur commun" de toutes les machines, autant un réseau se dégrade s'il veut desservir plusieurs types de machines différentes. Le TO7 a satisfait cette exigence d'unicité : il n'était pas exceptionnel, mais il était le premier ordinateur "grand public" français, et à ce titre, il allait s'imposer dans le système pédagogique national.

III) LES SERVICES OFFERTS PAR LE NANORESEAU

Le Nanoréseau se devait d'offrir une réponse aux multiples facettes de l'EAO. Plus précisément, il fallait offrir au monde enseignant un système informatique proposant une large gamme de services, susceptible de couvrir le plus large éventail d'exploitations pédagogiques.

Nous avons imaginé et réalisé le Nanoréseau permettant de relier plusieurs ordinateurs individuels MO5 (ou TO7), entre eux et avec un serveur. Ce dispositif permet à chaque poste :

- d'accéder à un lecteur de disque commun et à une imprimante, soit l'environnement complet d'un ordinateur individuel.

- d'échanger des informations avec les autres postes, ce qui offre à l'enseignant un outil d'animation de qualité.

IV) L'ENGAGEMENT DES ORGANISMES PUBLICS

La réalisation du Nanoréseau a été rendue possible grâce à l'intervention d'organismes d'état :

- un contrat avec l'Agence De l'Informatique a permis de démarrer.
- Ensuite l'Agence Nationale de Valorisation de la Recherche a rendu financièrement possible la construction du prototype industriel.

V) L'ENGAGEMENT D'UN INDUSTRIEL

La réalisation du Nanoréseau a débouché sur le plan industriel grâce à un double mouvement : d'abord la politique volontariste de l'Université de promouvoir le seul fabricant régional d'ordinateurs, ensuite la volonté de ce fabricant de s'implanter sur le terrain pédagogique. Une collaboration n'est pas facile : l'Université oeuvre dans la recherche fondamentale, et l'aboutissement de son travail est souvent très en amont du produit industriel. Dans ce cas précis, il s'agissait de recherches appliquées, nous étions à la fois en début (concepteur) et en fin (utilisateur) de la chaîne de fabrication.

VI) LES ACTEURS DU NANORESEAU

- Le C.U.E.E.P. et Laboratoire de Mesures Automatiques ont conçu et réalisé les trois versions du Nanoréseau, sur TO7/MO5 côté postes de travail et sur SILZ/3 côté serveur.

- Dans les deux premières versions, la société LEANORD a pris en charge l'industrialisation et la commercialisation du produit.

- Dans la troisième version, livrée pour le plan Informatique Pour Tous,

  + En plus de l'industrialisation et la commercialisation, la société LEANORD a étudié et réalisé le transfert des couches de base et de l'électronique sur le serveur "16 bits". De façon plus générale, en liaison avec le C.U.E.E.P., elle a été maître d'oeuvre de l'ensemble des développements de la version définitive

  + La gestion de fichiers du serveur a été réalisé par le CNDP.

  + L'interface utilisateur du serveur a été élaboré par le CUEEP.

  + Les couches APPLICATION et PRESENTATION ont été fournies par les développeurs des langages (THOMSON pour le BASIC).

VII) L'ORGANISATION DE CE DOCUMENT

Ce document est centré sur le Nanoréseau, et plus précisément sur les "postes de travail" reliés. Il est découpé en quatre parties.

1) **Première partie :** contexte historique du Nanoréseau.

Il ne s'agit pas de génération spontanée, mais d'une rencontre de plusieurs tendances : le souci de l'Education Nationale d'introduire les ordinateurs dans les écoles, l'évolution du matériel grand public, et les recherches personnelles de l'auteur, confronté au problème de chargements de logiciels.

2) **Seconde partie** : les choix de base du Nanoréseau.

Pendant la première phase de la recherche, les informations sur les réseaux s'accumulent "dans le désordre". Il s'avère que quelques options, en nombre limité, suffisent à tout organiser. Ce sont ces options-clé que nous présentons :

- les choix électroniques,
- les choix de fonctions à implanter
- les choix fixant la technique de dialogue entre postes
- les choix concernant le traitement des sécurités.

3) **Troisième partie**, plus technique : le détail de l'organisation du système selon la grille des 7 couches de l'ISO. Un élève qui donne la démonstration d'un problème de géométrie n'explique pas le cheminement qui lui a permis de trouver cette solution. De même, en suivant la description par couches, nous n'expliquons pas comment les problèmes se sont historiquement résolus, mais nous cernons l'ensemble des points rencontrés et leur logique interne.

4) **Quatrième partie** : le bilan ; quelques chiffres expérimentaux et théoriques ; quelques exploitations pédagogiques nouvelles qui laissent présager un avenir riche ; quelques constats : ce qui est à corriger, ce qu'il faut ré-exploiter.

En conclusion, nous développons l'hypothèse du couple Nanoréseau-MO5 stable jusqu'en 1990, et nous envisageons l'avenir de l'ordinateur pédagogique futur et de l'Enseignement Assisté par ordinateur.

Une remarque concernant le vocabulaire : dans le but d'alléger le texte, nous utiliserons systématiquement les mots "ordinateur" et "processeur" pour "micro-ordinateur" et "micro-processeur".