

QUATRIEME PARTIE

LES RESULTATS

Après avoir expliqué sur quelles bases nous avons élaboré le Nanoréseau, puis son organisation, couche par couche, voici le bilan de ces travaux :

- quelques chiffres pour permettre de situer cette réalisation dans l'ensemble des réseaux commercialisés.

- quelques informations sur l'impact pédagogique de ce produit. Le Nanoréseau se voulait un outil au service des enseignants. Dans la pratique de l'enseignement, quels sont ses apports spécifiques, distinct de l'apport des ordinateurs ?

- le bilan technique, en vue de faire le point sur les éléments positifs et négatifs du Nanoréseau vu sous l'aspect technique : s'il fallait recommencer ...

41ème partie : CHAPITRE 1

LES PERFORMANCES TECHNIQUES DU NANORESEAU

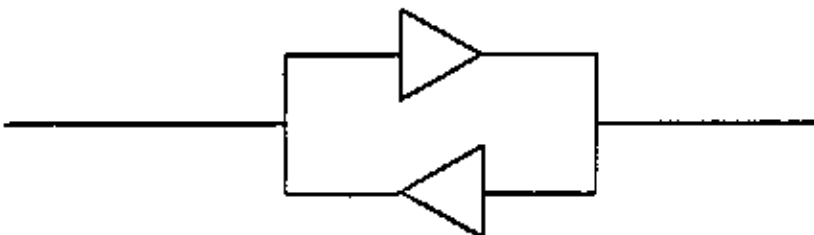
Nous analyserons ici les divers aspects du Nanoréseau se prêtant aux performances chiffrées. Ces performances sont de plusieurs ordres : portée, nombre de postes, débit, probabilité de collisions

I) LA PORTEE DU NANORESEAU

Quelle est la distance maximale tolérable entre deux postes ? Cette portée est liée aux performances des circuits amplificateurs de ligne de la couche physique.

Nous avons signalé que le constructeur garantissait la norme RS 485, soit une portée de 200 mètres aux fréquences utilisées. Cela signifie seulement qu'un non fonctionnement pour une portée supérieure à 200 mètres ne permet aucun recours contre le constructeur. A titre d'anecdote, des essais ont constaté le bon fonctionnement d'un réseau de 2 postes distants de 700 mètres.

Est-il possible d'utiliser des répéteurs de signal, comme dans les téléphones, pour augmenter la portée de ce réseau ? Ces répéteurs sont des amplificateurs de signaux. La réponse théorique est positive. Les lignes sont bi-directionnelles, aussi une proposition superficielle serait celle-ci :



Cette configuration crée un oscillateur idéal, chaque amplificateur réamplifiant le signal déjà amplifié par l'autre. Pour empêcher ceci, il faut ajouter un détecteur de sens de l'information, et désactiver l'amplificateur à contre-sens. C'est un travail réalisable dans le cadre du téléphone parce qu'indispensable (les frais de mise au point du dispositif sont parfaitement justifiés). Dans notre cas, un tel répéteur semble peu utile et sa mise au point relève des compétences de l'industriel.

II) NOMBRE MAXIMUM DE POSTES EN LIGNE

32 postes peuvent se brancher simultanément sur la ligne. Ce nombre est également lié aux puissances des circuits intégrés-amplificateurs de ligne. Pendant un certain temps, de nombreux réseaux disponibles sur le marché présentaient cette caractéristique des 32 postes (Appletalk, par exemple). Les techniques utilisées actuellement permettent une charge supérieure. Dans la configuration Nanoréseau, ce nombre de 32 représente un maximum raisonnable :

1er argument : Notre univers pédagogique ne justifie pas davantage de postes simultanément branchés : en moyenne, une salle d'EAO comprend une quinzaine de postes maximum. Une configuration à 30 postes suppose deux ou trois salles d'EAO, ce qui entraîne des problèmes pratiques :

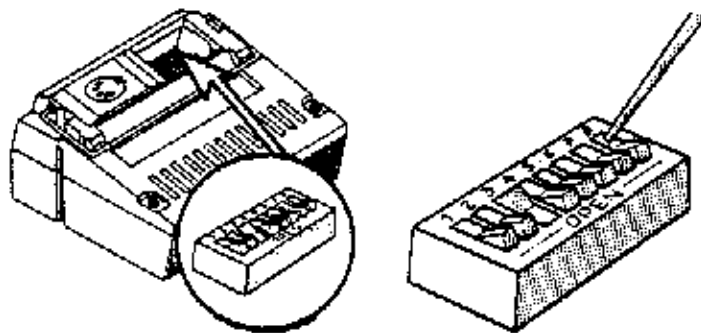
+ Cas du serveur équipé de disquettes souples :
L'usage montre que l'on passe son temps à changer de disquettes (le double lecteur de disque est partiellement un leurre, les compléments de logiciel des langages devant pratiquement rester en ligne en permanence).

+ Cas du serveur équipé d'un disque dur :
Il s'avère que le partage d'un disque dur n'est pas facile : on ne peut pas affecter un sous-répertoire par salle d'EAO, le logiciel du serveur travaillant sur un sous-répertoire unique.

2ième argument : Le réseau doit être dimensionné pour supporter les accès de fichiers. Dans le cas d'accès épisodiques, le serveur supporte 31 postes sans problème. Par contre si chaque poste fait un accès disque toutes les 20 secondes, quelques postes suffisent à saturer un serveur non équipé de disque dur. Le nombre de 31 postes offre un compromis raisonnable.

3ième argument : Le contrôleur de communication ne reconnaît pas automatiquement son propre numéro. Si le nombre d'"abonnés" double sur la ligne, la gêne, si minime soit-elle, double également.

Enfin, signalons que le nombre de 32 postes est limité matériellement par les 5 seuls commutateurs affectés au numérotage au dos du boîtier du Nanoréseau. Cela a permis de dimensionner en particulier les mémoires de service dans le serveur.



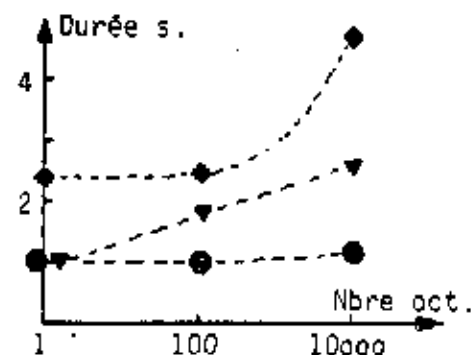
III) LE DEBIT DU NANORESEAU

Document LEANORD D3

Nous bornons cette étude aux échanges entre postes de travail. Le serveur traite les appels en temps légèrement différé, et les délais d'accès aux disques faussent toute mesure de débit.

A titre indicatif, voici quelques mesures de lectures de fichier. Ces mesures sont indicatives : les temps d'accès varient selon que le disque est peu ou beaucoup encombré.

Fichier de :	1 octet	100 octets	10000 octets
◆ disque souple	2,4 s	2,44 s	4,7 s
▼ disque dur	1 s	1,76 s	2,6 s
● disque virtuel	1 s	1 s	1,15 s



A) La notion de débit du réseau

Deux notions permettant de chiffrer ce débit.

1 - le débit idéal qui serait dans notre cas de 62 500 octets par seconde : aux vitesses choisies, un octet est transmis en 16 μ s (en moyenne 17 μ s si l'on tient compte de l'insertion automatique de zéros, soit 58 800 octets par seconde).

2 - le rendement du réseau permet d'approcher davantage la vérité. En pratique, les transferts s'opèrent sur des plages modestes, par exemple 1000 octets. Les 17000 microsecondes nécessaires pour transporter ce paquet sont en fait doublés à cause des délais annexes : interprétation des ordres, délais de prise de ligne, messages de services divers en vue d'établir une liaison saine, etc ...

Le rendement de la ligne est un pourcentage permettant de passer du débit idéal (58 800 octets/s) au débit réel (22 milli secondes pour 1000 octets, soit 45 400 octets par seconde), ce qui donne un rendement de :

$$\frac{\text{Nombre d'octets utiles} \times 100}{\text{Nombre d'octets théoriques}} \quad \text{soit :} \quad \frac{45\,000 \times 100}{58\,000} = 77,6 \%$$

Ce rendement est fonction de la longueur des messages, les délais incompressibles le faisant chuter.

B) Le débit sur Nanoréseau sans encombrement

Voici un tableau de mesures expérimentales faites sur des échanges de plages mises à 0 (pour éviter les insertions de zéro). Les échanges ont été optimisés autant que possible (langage machine, accès direct au point d'entrée du logiciel Réseau). Ces mesures visent donc la recherche du rendement optimum, qui se dégradera fatalement dans les traitements annexes de la couche présentation de l'application.

MESURES EXPERIMENTALES		RESULTATS THEORIQUES DEDUITS		
Plage de: N octets :	Durée expérimentale ms	Durée d'après formule ms	:Rendement :octets 0 %	:Rendement :octets qq %
1	6,25	6,16	0,26	0,26
2	6,125	6,132	0,5	0,5
4	6,19	6,164	1	1
8	6,125	6,228	2	2
16	6,4	6,358	4	4
32	6,66	6,612	7,7	7,7
64	7,17	7,124	14,4	14,2
128	8,19	8,148	25,1	24,7
256	10,19	10,19	40,2	39,2
500	14,23	14,1	56,7	54,8
1000	21,9	22,1	72,4	69,3
2000	38	38,1	84	79,8
4000	70	70,1	91,3	86,4
8000	133,6	134	95,5	90

La durée expérimentale permet d'établir la formule :

$$T = 16.E-6 N + 6100.E-6$$

avec T = durée, en secondes, et N, le nombre d'octets échangés.

Cette formule a permis de chiffrer les résultats théoriques déduits. Le rendement pour un échange d'octets quelconques utilise la formule corrigée :

$$T = 17.E-6 N + 6100.E-6$$

- Le coefficient 16.E-6 ou 17.E-6 correspond au temps nécessaire à la transmission d'un octet (17 μ s par octet)

- Le terme constant 6100.E-6 mesure le délai incompressible de prise de ligne, messages de service, etc ... (6 100 μ s).

La rendement est donné par la formule suivante :

$$R = \frac{17 N}{17 N + 6100} = \frac{1}{\frac{6100}{17 N} + 1}$$

soit un rendement de 50 % pour des messages de 360 octets. Pour des longueurs courtes, ce rendement devient catastrophique.



Les usages actuels ne saturant pas le réseau. Progressivement les utilisateurs feront appel à des services de plus en plus sophistiqués. Négliger actuellement la notion de rendement interdira plus tard certains usages, par cause de saturation. L'exemple du réseau routier est révélateur à ce sujet. En deçà de la limite de saturation, il n'y a aucun problème ; à la limite, les embouteillages bloquent tout le réseau.

C) Les débits sur le Nanoréseau à saturation

Pour étudier le cas de débit d'un réseau saturé, nous avons fait une étude expérimentale fort instructive. Deux postes sollicitent simultanément un troisième poste pour un pillage de mémoire jusqu'à concurrence de un million d'octets. Voici les résultats réguliers :

Plages de :	<u>durée pour 1 millions d'octets</u>		debit du réseau /s
	poste seul	2 postes	
500 octets	27 s	55 s	36363
1000 octets	21,9 s	42 s	41620
2000 octets	19 s	36,4 s	54945
4000 octets	17,5 s	34,7 s	57637
8000 octets	16,7 s	33,3 s	60060

Ces mesures indiquent que le temps double lorsque le nombre d'octets véhiculés sur la ligne double. Les deux postes en concurrence se partagent donc bien la ligne sans se gêner de façon sensible. On ne

doubla pas le débit du réseau lorsqu'on double le nombre de postes : C'est la vitesse de "passage" des octets dans le câble qui borne le débit.

Il s'avère que pour des plages plus petites, il est impossible d'obtenir des durées groupées et répétitives : l'un des deux postes accapare la ligne, et l'autre poste n'achève son travail que très tard, la somme des temps étant disproportionnée au double temps escompté. Le phénomène n'est pas répétitif, les postes et les durées sont aléatoires. Il est évident que plus les plages sont courtes, plus les conflits sont nombreux, mais cela n'explique pas la différence de fonctionnement en dessous de 500 octets.

Un autre phénomène vient perturber cette mesure : plus courte est l'émission des plages, moins le nombre aléatoire joue son rôle ; ce nombre aléatoire doit permettre une distribution équilibrée des prises de ligne. Ce nombre est lié au "chronomètre" du système, incrémenté (sur le M05) tous les 20 ms (rafraîchissements d'écran). Si l'émission des plages dure moins de 20 ms, les chronomètres restent "en phase" chez les deux demandeurs, si bien qu'il y a collision systématique à chaque tentative de prise de ligne.

Ce cas limite que nous avons mis en oeuvre pour obtenir des informations de rendement ne correspond pas à un fonctionnement normal, et ne remet pas en cause la procédure de prise de ligne. En pratique, tous les appels vont être aléatoires.

IV) LE POINT SUR LES FREQUENCES D'ERREUR

.....

Nous avons profité d'une période de vacances pour effectuer des tests sur un Nanoréseau équipant un site. Nous voulions que toutes les conditions soient identiques : mêmes postes, mêmes boîtiers, mêmes téléviseurs, mêmes câbles, mêmes positions, etc... totalement disponibles pendant une durée suffisante.

Ces tests visaient plusieurs objectifs, aussi nous avons choisi qu'un poste soit destinataire universel des appels de tous les autres postes. Le réseau était maintenu au maximum de saturation, chaque poste exécutait en permanence le programme suivant :

- 1 - la remise à 0 d'une plage de 3 octets.
- 2 - l'émission d'une requête vers le poste commun, demandant une plage de 3 octets bien précis.
- 3 - la vérification que les 3 octets attendus sont réellement arrivés et corrects. Si le test est négatif, le programme stoppe et on affiche le résultat.
- 4 - l'incrémentatation d'un compteur
- 5 - recommencer au point 1.

Ces 5 points étaient traités en langage - machine, pour obtenir le nombre maximum de collisions imaginables. Nous utilisons exclusivement les couches basses réalisées par nous même (sans intervention ni du serveur, ni du Basic).

Les problèmes pratiques font que nous ne disposons que de 4 séries de mesures valides : les tests des week-end ont duré 48 heures ; les tests des nuits ont duré 12 heures. La configuration a été identique pour les 3 premières séries de mesure ; pour la 4ième série, nous avons utilisé des fils volants en supposant que les incidents sur les postes 3, 4 et 5 pouvaient être dus à la géométrie de l'installation. Les téléviseurs étaient éteints pour des raisons de sécurité.

L'indication "erreur" signifie que l'échange s'est bien passé apparemment, mais que le contrôle d'octets a été négatif. Le nombre indiqué en dessous indique l'état du compteur au moment de l'erreur.

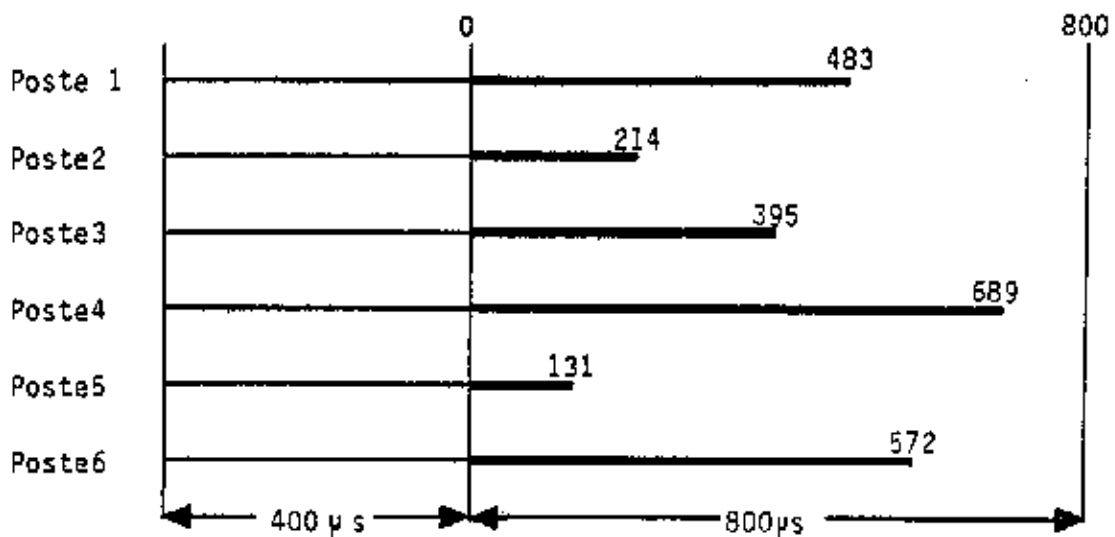
POSTES	week end 1	Nuit 1	Nuit 2	week end 2
2	13 720 500	erreur 292 006	2 402 460	3 111 370
3	erreur 554 036	bloqué	erreur 62 640	erreur 5 026 600
4	erreur 271 164	erreur 187 198	erreur 78 112	erreur 13 470
5	bloqué	bloqué	erreur 355 348	bloqué
6	12 532 900	2 438 920	1 702 560	14 703 200
7	12 339 100	2 416 110	1 713 240	2 712 550
8	12 628 000	2 465 090	1 752 410	non branché

Ces tests mettent en relief certaines coïncidences mais aucune exploitation n'est possible avec si peu d'informations. A noter que le poste sollicité, unique, n'a jamais connu la moindre défaillance, ce qui équivaut, par exemple, à 50 millions de transactions correctes dans la première série de mesures. Il reste à déterminer l'origine des erreurs.

V) TENTATIVE DE QUANTIFICATION DU NOMBRE DE COLLISIONS

Supposons que N postes souhaitent simultanément prendre la ligne, bloquée jusqu'à l'instant T par un poste bavard. L'information intéressante est celle-ci : lorsque la ligne va se débloquent, quelle sera la probabilité de collision sur la ligne. Rappelons que la collision est un état normal dont la seule incidence est une perte de temps, et donc une chute du rendement de la ligne.

A l'instant où la ligne se libère, chaque poste commence par tester le silence continu pendant 400 micro-secondes. A la suite de ce délai, chacun est programmé, d'après le contenu le son "chronomètre", pour prendre la ligne avec un retard aléatoire compris entre 0 et 800 micro-secondes. Entre la dernière vérification et l'injection de l'horloge se passent 30 micro-secondes pendant lesquelles un autre poste peut avoir pris la ligne.



Pour un poste donné, la prise de ligne ne sera valide que si deux conditions sont réunies :

- 1 - parmi tous les candidats à la ligne, il est celui dont le retard aléatoire est le plus faible.
- 2 - tous les autres postes ont un retard aléatoire supérieur d'au moins $30 \mu\text{s}$ au retard aléatoire du premier.

Cette situation se prête à une très belle étude de probabilité, dont les conclusions aideront à chiffrer les désagréments liés à l'état de saturation du réseau.

La technique de résolution de ce problème est due à J.N.GERS, Professeur agrégé de mathématiques au C.U.E.E.P.

énoncé du problème

Soit un intervalle de temps de $T \mu\text{s}$ correspondant au retard aléatoire maximum. ($T = 800 \mu\text{s}$ dans notre cas).

Soit d l'intervalle de temps qui s'écoule entre la dernière surveillance de ligne et l'injection de l'horloge. ($d = 30 \mu\text{s}$ dans notre cas).

Soit N , le nombre de postes simultanément en attente de prise de ligne (N peut varier de 2 à 31 postes dans notre cas).

Quelle est la probabilité de prise de ligne correcte ?

c'est à dire la probabilité pour que le premier poste décident de prendre la ligne à l'instant t soit seul à prendre la ligne entre t et $t+d$?

solution

1) codage des postes

A l instant $t=0$, chaque poste a un retard aléatoire de t_i .
On assimile t_i à un nombre entier compris entre 0 et T :

$$0 \leq t_i \leq T$$

Quelque soit le poste, la valeur de t_i est équiprobable dans l'intervalle $[0 - T[$

A $t=0$, l'état des N postes peut être décrit par la suite :

$$t_N ; t_{N-1} ; t_{N-2} \dots t_3 ; t_2 ; t_1$$

Il y a bijection entre les états et les nombres de N chiffres dans la base T. L'équiprobabilité de chaque chiffre dans son rang permet de raisonner sur les ensembles d'états de départ comme sur les ensembles de nombres à N chiffres dans la base T.

Les chiffres constituant la base sont appelés :

$$B = \{ b_{T-1} , b_{T-2} , b_{T-3} , \dots , b_3 , b_2 , b_1 , b_0 \}$$

2) Calculs

Soit P le nombre d'états différents, équiprobables, possibles :

$$P = T^N$$

(Il s'agit là d'un résultat classique : combien de nombres différents peut-on écrire avec N chiffres dans la base T)

Pour trouver le nombre de cas favorables, nous procéderons ainsi :

- 1 - Nous calculons le nombre de cas favorables dont le chiffre le plus bas soit b_j
- 2 - Nous cumulerons tous les cas favorables possibles, depuis b_0 jusque b_{T-1-d} : pour les chiffres supérieurs, il ne peut y avoir de cas favorables.

Calcul 1 :

Nombre de cas favorables dont le chiffre le plus bas est b_j

On prend tous les nombres de $N-1$ chiffres que l'on peut former avec la base de $(T-j-d)$ chiffres (c'est à dire tous les nombres que l'on peut former avec les chiffres supérieurs ou égaux à b_{j+d} : soit :

$$F'_j = (T-j-d)^{N-1}$$

A chacun de ces nombres, il faut ajouter la Nième chiffre. Il y a N façons d'ajouter un nouveau chiffre à un nombre de $(N-1)$ chiffres, notés ci-dessous par le signe " u " :

$$u_{N-1} ; u_{N-2} ; \dots ; u_3 ; u_2 ; u_1$$

soit un nombre de cas favorables :

$$F_j = N (T-j-d)^{N-1}$$

Calcul 2 :

Le cumul donne le nombre de cas favorables total :

$$F = \sum_{j=0}^{T-1-d} F_j = N \sum_{j=0}^{T-1-d} (T-j-d)^{N-1}$$

Résultat final

Probabilité de prise de ligne correcte =

$$\frac{\text{Nombre de cas favorables}}{\text{Nombres de cas possibles}} = \frac{F}{P}$$

$$= \frac{N}{T} \sum_{j=0}^{T-d-1} \left(\frac{T-d-j}{T} \right)^{N-1}$$

Application numérique

Dans notre cas précis, $T = 800 \mu s$, $d = 30 \mu s$

La probabilité obtenue est fonction de N , le nombre de poste :

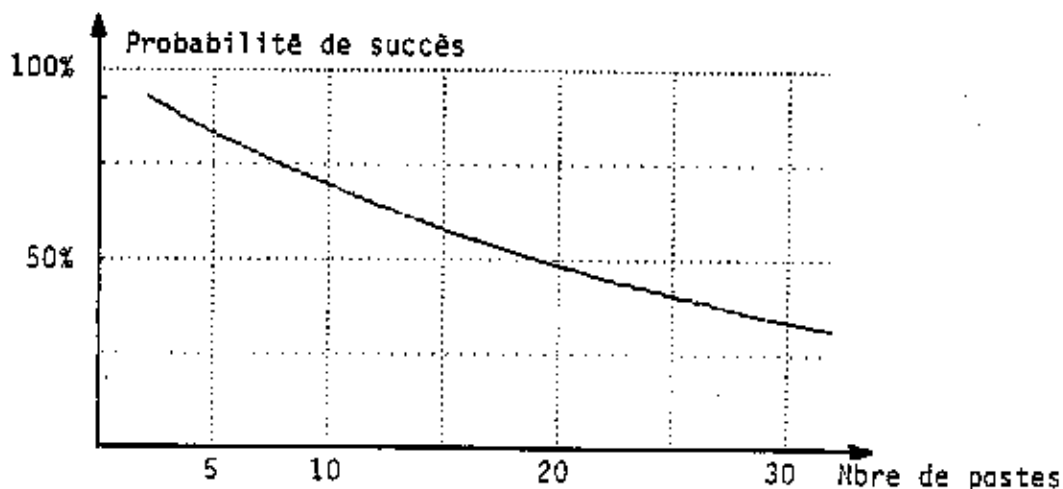
$$\text{PROB} = \frac{N}{800} \left(\left(\frac{770}{800} \right)^{N-1} + \left(\frac{769}{800} \right)^{N-1} + \left(\frac{768}{800} \right)^{N-1} + \dots \right. \\ \left. + \left(\frac{3}{800} \right)^{N-1} + \left(\frac{2}{800} \right)^{N-1} + \left(\frac{1}{800} \right)^{N-1} \right)$$

Cette formule présente plusieurs intérêts :

- elle illustre bien l'importance de réduire le délai entre la dernière surveillance de ligne et l'injection de signal. Gagner une micro-seconde revient à ajouter un terme $(771/800)^{N-1}$ à la série, et ce terme ajouté est le plus important de la série.

- elle se prête à un traitement numérique. Le résultat est fonction du nombre de postes attendant simultanément la ligne.

Nombre de postes	Probabilité de succès	Nombre de postes	Probabilité de succès
2	92.7	18	50,8
4	86	20	47,2
6	79.8	22	43,7
8	74	24	40,6
10	68.7	26	37,6
12	63.7	28	34,9
14	59.1	30	32,4
16	54.8	2	



Les tests sévères en laboratoire cherchent à créer la maximum de collisions possibles, et avec une vingtaine de postes, on peut escompter qu'une fois sur deux la prise de ligne aboutit à une collision. Dans les cas réels de réseau fortement utilisé il faut escompter seulement 10 à 15 % de collisions. Rappelons que ces collisions font perdre du temps, mais n'aboutissent pas à des échanges erronés

Deux remarques pour achever :

1 - Un dispositif d'"absorption" des demandes a été mis au point sur le serveur : le temps pendant lequel le serveur n'est pas interruptible (écriture/lecture sur disque) a été minimisé. Lorsqu'un poste envoie une requête au serveur, sa demande est enregistrée (empilée avec les autres demandes en instance) et le poste est alors bloqué en attente : il n'encombre plus la ligne. Le serveur dessert les demandes dans l'ordre d'arrivée. Cette technique, mise au point par le constructeur, permet d'éviter la saturation de la ligne avec des répétitions inutiles d'appel.

2 - Une tolérance a été accordée au serveur dont la prise de ligne n'est pas soumise aux mêmes règles que les postes de travail. Il prend la ligne 350 μ s après le retour du silence sur la ligne (il doit attendre que l'interruptibilité soit réamorçée sur tous les postes). Il dispose ainsi d'une priorité justifiée en tant que "service public".

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons résumé un ensemble de données chiffrées : portée du réseau, nombre de postes, débit théorique et rendement, les problèmes de saturation, les tests d'erreur, et les évaluations de collision. Ces nombres permettent de situer le niveau de performance atteint par le Nanoréseau. Les exigences du domaine pédagogique ne sont pas de même nature que celles de la bureautique. A titre de comparaison, voici quelques tableaux récapitulatifs empruntés à M Hoste [L3], et présentant les performances des produits disponibles sur le marché.

1) Principaux réseaux utilisant la CSMA/CD (bande de base)

Réseau	Constructeur	Topologie	Méthode d'accès	Transmission de la voix	Transmission de l'image	Média	Nombre de nœuds supportés	Vitesse de transmission	Longueur maximale	Type d'application
Ethernet	Xerox	Bus	CSMA/CD	Non	Non	Coaxial	1024	10 M bps	2,5 km	Bureautique Transmission de données
Z-Net	Zilog	Bus	CSMA/CD	Non	Non	Coaxial	256	0,8 M bps	2 km	Bureautique, petits systèmes de gestion
Oranet	Corvus Systems	Bus	CSMA/CA	Non	Non	Paires torsadées	64	1 M bps	1,7 km	Bureautique, petits systèmes de gestion ordinateurs personnels
1553 Net	VLSI Systems	Bus	CSMA/CD	Non	Non	Coaxial	256	3 M bps	305 m	Ordinateurs personnels
Net/Oas	Uniprocessor Base	Bus	CSMA/CD	Non	Non	Coaxial	250	4 M bps	1,2 km	Bureautique contrôle processus scientifique
Packet	Gandalf Data	Bus	CSMA/CD	Non	Non	Coaxial paires torsadées fibre optique	8	5,3 M bps	—	Bureautique temps partagé
Hyperchannel	Network Systems	Bus	CSMA/CD	Non	Non	Coaxial	16	50 M bps	1524 m	Scientifique systèmes centraux
Cluster/One Modelle A	Nester Systems	Bus	CSMA/CD	Non	Non	Paires torsadées câbles multi-conducteur	64	8,25 M bps	300 m	Bureautique ordinateurs personnels
Hymanbus	Network Systems	Bus	CSMA/CD	Non	Non	Coaxial	128	10 M bps	732 m	Bureautique

2) Principaux réseaux utilisant le Jeton (bande de base)

Réseau	Constructeur	Topologie	Méthode d'accès	Transmission de la voix	Transmission de l'image	Média	Nombre de nœuds supportés	Vitesse de transmission	Longueur maximale	Type d'application
Modway	Gould Medicon	Bus	Jeton	Non	Non	Coaxial fibres optiques	250	1,544 M bps	4,572 km	Contrôle de procédés bureautique, informatique
ARC Attached Resource Computer	Decpoint	Bus	Jeton	Non	Non	Coaxial	256	2,5 M bps	8,44 km	Bureautique informatique
Gandalf	Northern Telecom	Anneau	Jeton	Non	Non	Coaxial	20	40 K bps	1,524 km	Contrôle de procédés bureautique, informatique
Link	Vector Graphic	Anneau	Jeton	Non	Non	Paires torsadées	16	0,75 M bps	3,218 km	Bureautique, informatique
Primonet	Prime Computer	Anneau	Jeton	Non	Non	Coaxial	247	10 M bps	3,048 km	Bureautique, informatique application d'ingénierie
Gixinet	Gixi Ingénierie Informatique	Bus arborescent	Jeton	Non	Non	Coaxial paires filaires fibres optiques	64	0,125 M bps	—	Informatique
Damen	Appallo Computer	Anneau	Jeton	Non	Non	Coaxial	Plusieurs centaines	12 M bps	0,814 km	CAO, scientifique informatique, bureautique
Pronet	Proton Associates	Anneau	Jeton	Non	Non	Coaxial paires torsadées fibres optiques	256	10 M bps	2,414 km	Contrôle de procédés
Plan 4000	Nester Systems	Variable	Jeton	Non	Non	Coaxial	256	2,5 M bps	6,437 km	Compatible Arc et Ethernet ordinateurs personnels
Xodac	Data General	Bus	Jeton	Non	Non	Coaxial	32	2 M bps	1,6 km	Bureautique, informatique
Planet	Racal Mingo	Anneau	Jeton	Non	Non	Coaxial	250	19,2 K bps	198 m	Informatique
LNA	IBM	Anneau	Jeton	—	—	Mixte, coaxial paires, fibres optiques	Plusieurs centaines	4 à 16 M bits	—	Bureautique informatique

3) Principaux réseaux utilisant un coaxial (large bande)

Réseau	Constructeur	Topologie	Méthode d'accès	Transmission de la voix	Transmission de l'image	Média	Nombre de nœuds supportés	Vitesse de transmission	Longueur maximale	Type d'application
Wangnet	Wang Labs	Arborescente	CSMA/CD	Oui	Oui	Coaxial	-	64 K bps	Plusieurs kilomètres	Bureautique informatique
Local net System 20 System 40	Sytek	Bus Bus	CSMA/CD CSMA	Non Non	Non Non	Coaxial Coaxial	256/canal -	128 K bps 1,7 M bps	50 km 4 km	Bureautique informatique CAD
Vidiodata	Interactive Systems/3M	Arborescente	FDM TDM	Non	Non	Coaxial	-	5 M bps	32,188 km	Bureautique, informatique ordinateurs personnels CAD
Cable net	Amdax	Bus	TDMA (commuté) FDM (alloué)	Oui	?	Coaxial	Plusieurs centaines	14 M bps (commuté) 56 K bps (alloué)	8,26 km à 16,1 km	Bureautique informatique
Constat net	Control Information Systems	Bus + arborescente	CSMA/CD	?	?	Coaxial	?	10 M bps par canal	305 m	Bureautique informatique
Token net	Concord Data	Bus	Token	?	?	Coaxial	?	5 M bps	16,083 km	Gros volumes de données temps réel contrôle de procédés
Genet	General Electric	Bus	CSMA/CD	?	?	Coaxial	?	1 à 546 bps	4,828 km	Contrôle de procédés bureautique, informatique
Net/Dine	Ungermann Bass	Bus	CSMA/CD	?	?	Coaxial	250	5 M bps	16,083 km	Bureautique, informatique ordinateurs personnels

En comparaison, le Nanoréseau :

Constructeur : Leanord
 Topologie : Bus
 Méthode d'accès : CSMA/CA
 Transmission de la voix : Non
 Transmission de l'image : Non
 Média : Paires torsadées
 Nombre de nœuds : 32
 Vitesse de transmission : 500 K bps
 Longueur maximale : 200 m
 Type d'application : enseignement

4ième Partie : CHAPITRE 2

UN OUTIL PEDAGOGIQUE ORIGINAL

Notre propos n'est pas ici de discuter des aspects positifs et négatifs de l'EAO. Nous sommes fier que le Nanoréseau ait permis une telle diffusion des ordinateurs dans les écoles. Nous sommes également conscient que la mise à disposition du matériel ne suffit pas à créer un EAO de haute qualité. Notre rôle s'est borné à créer un matériel correspondant le plus fidèlement possible aux souhaits des enseignants expérimentés en ce domaine.

I) LE ROLE DU NANORESEAU DANS L'ENSEIGNEMENT

A quoi peut servir le nanoréseau dans l'enseignement ?

1 - à décharger les enseignants des corvées d'intendance. Le premier service du Nanoréseau, c'est un "disque partagé". Ce seul aspect suffit à le justifier. C'est également une imprimante partagée. C'est la solution des petits problèmes annexes liés à l'usage des parcs d'ordinateurs.

2 - Lorsque le pédagogue commence à prendre confiance dans la machine, il découvre une autre gamme de services : les échanges entre postes. Le Nanoréseau peut alors devenir un bel outil d'animation pédagogique.

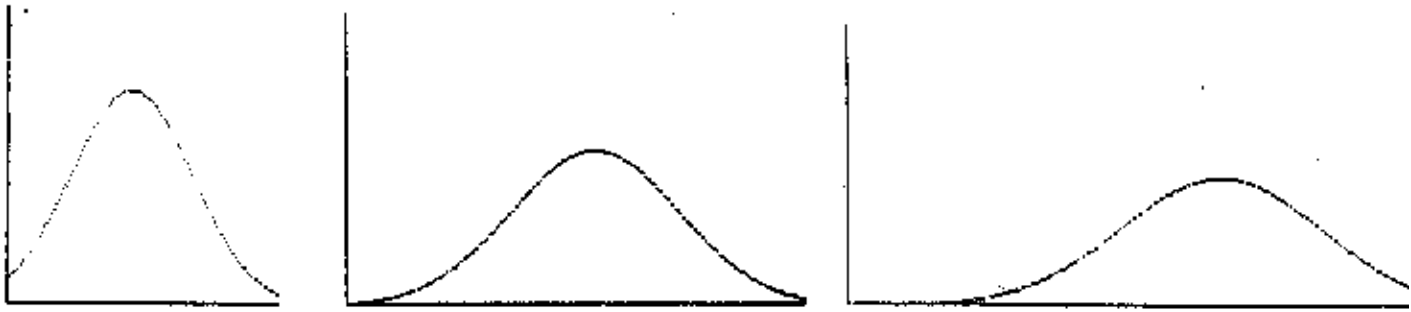
Nous constatons l'apparition timide d'un nouveau comportement des enseignants grâce aux échanges entre postes. Le domaine privilégié de l'EAO était l'exécution de logiciels "répétiteurs" : tel apprentissage pouvait être répété à loisir, sous contrôle de l'enseignant ou en libre service, autant de fois que nécessaire par l'élève ; il s'agissait d'un EAO isolant l'apprenant de son groupe de formation ; l'enseignant agissait au second degré, guidant l'élève vers tel logiciel. Cette situation, poussée à l'extrême, transformerait la salle de classe en "confessionaux" juxtaposés.

II) QUELQUES COMPORTEMENTS PEDAGOGIQUES NOUVEAUX

Les échanges entre postes permettent d'aborder un domaine de l'EAO peu expérimenté : l'élève utilise l'ordinateur en vue d'obtenir un résultat (dessin, calcul, courbe, logiciel ...), et l'enseignant exploite l'ensemble des réalisations de tous les élèves en animation globale. On remplace la notion d'ordinateur-isoloir au profit de la notion d'ordinateur-outil d'animation. Nous avons eu l'occasion de citer quelques exemples rencontrés dans notre environnement [A5] et [R8]:

- Création d'un journal de classe : chaque équipe met au point une page-écran (dessin ...) ou un texte. Cet écran ou ce texte est sorti sur imprimante, et l'ensemble présente une qualité technique appréciable. Au delà de cette activité, l'enseignant a fait passer l'orthographe, les calculs, ...

- Exploitation de logiciels traceurs de courbes : chaque équipe fait tracer une courbe avec un paramètre variable. Une fois que tous les écrans sont convenablement chargés, l'enseignant fait défiler dans l'ordre du paramètre tous les graphiques obtenus, ce qui met en évidence (en "dessins animés") l'influence du paramètre.



- Même activité, avec une mapemonde. Une revue avait sorti un logiciel permettant de dessiner une mapemonde selon tout angle souhaité ; chaque poste fait tracer cette mapemonde selon un angle variable, et l'enseignant, en appelant au fur et à mesure chaque écran, parvient à faire tourner la terre !



- Création collective d'un logiciel : Ce logiciel est découpé en modules indépendants, chacun confié à une équipe. Soit par fusion, par l'intermédiaire du serveur, soit par concaténation, les logiciels sont fondus en un seul qui peut alors être renvoyé sur chaque poste pour débogage.

- Création de banques de données : Il s'agit de statistiques : on entre sur chaque poste les séries statistiques souhaitées, en "DATA" ; la multiplicité des entrées permet d'aboutir rapidement à un nombre d'informations suffisamment important pour se prêter à des traitements significatifs. L'enseignant, ou les élèves, peuvent alors faire agir les utilitaires classiques.

- Création collective de musique : chaque voix d'une partition est écrite sur un poste différent. Une exécution simultanée permet d'avoir une idée approchée du résultat (nous avons essayé de refaire cette expérience, mais la synchronisation laisse à désirer après quelques dizaines de seconde, la génération de musique étant faite par logiciel dans le T07/M05).

On pourrait artificiellement gonfler cette liste en imaginant de nouvelles applications, mais autant se limiter à ce qui a été réalisé dans des groupes en formation, et laisser les enseignants innover en leur domaine.

Signalons un colloque organisé par le CNAM de Paris sur le thème : "l'ordinateur, super tableau noir". Voir [R8]. Il semble que de nombreux pédagogues commencent à s'intéresser à ces échanges entre postes. Nous constatons que la bibliographie dans le domaine de l'EAO devient importante, mais qu'elle ne révèle pas de traces (à notre connaissance) d'exploitation pédagogique des ordinateurs reliés en réseau et communiquant entre eux.

Signalons la sortie sur le marché de deux premiers logiciels semi-ludiques et semi-pédagogiques exploitant les échanges entre postes sur le Nanoréseau.

Toutes ces tentatives sont, à notre avis, très intéressantes dans la mesure où le Nanoréseau n'a pas été fabriqué dans ce but. A longue échéance, cela signifie que tous les futurs réseaux proposés pour la formation devront offrir au moins les services que nous avons installé sur le Nanoréseau, puisque les enseignants utiliseront, et donc réclameront, ces services.

4ième partie : CHAPITRE 3

BILAN TECHNIQUE

Dans ce dernier chapitre, nous proposons une critique du Nanoréseau : les points positifs et négatifs, tels qu'ils apparaissent après un an d'expérimentation dans les situations les plus variées. Il est hautement improbable qu'il nous soit donné de recréer un autre réseau, mais cela n'empêche pas de rêver : s'il fallait recommencer, comment faudrait-il faire ?

En tant qu'utilisateurs, nous sommes satisfaits, tant dans les formations de mathématiques utilisant l'EAO, qu'en formations d'apprentissage à la micro-informatique, la produit nous convient. Nous connaissons des formations universitaires d'initiation à l'informatique se déroulant sur des machines de type PC, où les étudiants n'ont qu'une fraction du confort disponible sur nos petites machines en Nanoréseau.

En tant que technicien, soucieux de l'évolution des réseaux à usage pédagogique, nous faisons les remarques suivantes :

I) UN CONTROLEUR DE COMMUNICATION TROP RUDIMENTAIRE

Le Nanoréseau a réalisé des performances de rêve ; "la faim est venue en mangeant", et les nouveaux désirs se heurtent au handicap du contrôleur de communication HDLC qui ne reconnaît pas son adresse. C'est

une carence insignifiante dans les usages normaux, prévus, du réseau ; cela présente une gêne lorsqu'on imagine les nouvelles utilisations suivantes :

Premier exemple :

Pour pallier les insuffisances de taille-mémoire des postes de travail, il est facile d'utiliser les cartouches à mémoires vives de tous les postes comme ressource mise à disposition de chacun. Les accès gêneraient les postes sollicités, mais dans un usage raisonnable, la gêne serait supportable. Par contre, le fait que chaque poste est interrompu à chaque requête interdit d'exploiter couramment cette possibilité.

Deuxième exemple :

Les travaux des pédagogues s'orientent vers la création non plus d'images-écran, mais de banques de dessins élémentaires. On peut imaginer créer des images complexes par juxtaposition de fenêtres d'écran saisies sur d'autres postes. Or (cf. [A10]) les fenêtres d'écran coûtent cher en appels réseaux tant qu'elles ne sont pas "professionnalisées". Un enseignant isolé pourra difficilement mettre en oeuvre sa fonction "fenêtre d'écran", et sera obligé d'attendre les produits tout faits, ce qui ne stimule pas la créativité.

Troisième exemple :

Parmi les évolutions possibles du Nanoréseau, on peut imaginer l'animation d'un mur d'écrans, où les images passent d'un téléviseur à l'autre. Actuellement, nous avons écho de quelques souhaits en ce sens, dans des contextes pédagogiques sérieux. Nous avons mis au point ce produit, mais il est peu exploitable sur un réseau en activité, car le flot de requêtes est important et gêne le travail des postes non concernés par ces échanges.

Quatrième exemple :

La chute des prix des lecteurs de disque dur est telle qu'on aboutira très vite à des serveurs disposant de mémoires de masse de 20 méga octets, desservant plusieurs salles d'EAO. Tous les usages un peu particuliers générant trop de requêtes perturberont d'autres salles de classes et seront donc censurés (sauf si chaque salle peut se déconnecter manuellement du réseau).

En conséquence, un futur Nanoréseau ne saurait se contenter du contrôleur de communication choisi à une époque où nous n'avions pas le choix.

II) MANQUE D'INTELLIGENCE DU SERVEUR

Pour expliquer ce problème, il faut remonter à la version 2. La sauvegarde d'une plage mémoire, par exemple, est traitée en une requête unique, interprétée par le serveur. Ceci a nécessité une couche PRESENTATION dans le serveur, capable d'interpréter des ordres complexes. Avantage : trafic minimum sur la ligne ; inconvénient : le serveur effectue le travail de décodage de l'ordre !

Dans la version 3, les urgences du plan IPT ont provoqué des glissements de responsabilité entre les intervenants. En conséquence il y a eu blocage pour l'installation d'une couche Présentation dans le serveur (les travaux étaient trop engagés ... !). Résultat : les seules primitives offertes sont celles d'un système classique d'exploitation de disques. Ce qui occasionne des débauches de requêtes pour le moindre ordre au serveur (cf. l'exemple du SAVEM, partie 3 chapitre 2)

On a prétendu, à l'époque, qu'il ne fallait pas encombrer le serveur avec des tâches d'analyse qui n'étaient pas de son ressort. L'analyse d'un ordre plus évolué par le serveur coûtait incomparablement moins cher que les 6 requêtes successives interpellant 5 fois trop le serveur et encombrant 5 fois trop le réseau.

Un autre argument : le réseau devait être universel, aucun langage ne pouvait être privilégié. Une couche PRESENTATION pouvait fort bien traiter les ordres complexes en fonction des applications ; cela n'empêchait pas non plus d'offrir les primitives de systèmes d'exploitation de disque pour des développements futurs. On retrouve cette caractéristique générale : chaque fois qu'on cherche l'universel, le service se dégrade.

A titre de décharge, il faut reconnaître que les délais accordés par le Plan IPT ont obligé à de sévères raccourcis. Les urgences et les enjeux expliquent les événements. M. Claude VIEVILLE a par exemple imaginé, mis au point et testé un "noyau temps réel" améliorant très sensiblement les performances du serveur [T1]. La précipitation finale a fait rejeter cette technique qui pouvait régler beaucoup de difficultés.

III) NON AUTONOMIE DU NANORESEAU

Dans le cahier des charges initial, il était prévu qu'aucun poste ne serait indispensable ; en particulier un usage minimum du Nanoréseau devait être possible sans serveur. Dans la version 3, ce n'est pas le cas.

Le problème est historiquement lié au précédent. Un Basic minimum était intégré dans le boîtier réseau comme il l'avait été en version 2. Ceci assurait une autonomie qui avait fait ses preuves, et il était évident qu'il fallait garder cet avantage.

Le moindre échec était impensable dans le cadre du Plan IPT. En conséquence ce complément de Basic a été sacrifié pour y substituer un "mini-DOS" qui devait permettre de faire tourner le Nanoréseau en cas d'incident. Ce mini-DOS a parfaitement fonctionné avec un logiciel d'émulation de DOS au serveur, mis au point chez nous. Quand le système de gestion de fichiers a été opérationnel, mini-DOS et émulation de DOS ont été abandonnés, mais le boîtier réseau, avec sa mémoire morte, étaient en production depuis un mois. Voilà comment le complément de Basic a été sacrifié.

Si ce complément de Basic n'avait pas été sacrifié, le Nanoréseau aurait offert un niveau de service supplémentaire, que nous aurions beaucoup apprécié sur le terrain (réseaux simplifiés mobiles) ; cela aurait également permis aux développeurs non intéressés par le complément de Basic de récupérer 8 k octets de mémoire. Seul problème : le serveur aurait dû avoir une couche présentation pour savoir interpréter des ordres plus évolués que les primitives de gestion de fichier.

IV) LE DEBIT DU RESEAU

Lorsqu'un réseau à option pédagogique sera ré-implanté sur un futur ordinateur, il faudra veiller à maintenir une proportion entre les volumes de mémoires à transférer et le débit du réseau. Un exemple facile pour illustrer ceci : un transfert d'image est supportable sur Nanoréseau parce qu'il ne dure pas plus longtemps qu'une fraction de seconde : on peut simuler un dessin animé, satisfaisant en pédagogie. Or l'écran n'a que 16000 octets, et présente le défaut de la "rigidité" (sur 8 pixels consécutifs formés par le même octet, il ne peut y avoir que 2 couleurs sur 16, l'une "fond" et l'autre "forme").

On passera nécessairement aux écrans de 64000 octets (ou plus : voir [A12]) pour supprimer cette rigidité. Aux vitesses actuelles, ce transfert durera plus d'une seconde, ce qui ne permet plus de simulation de dessin animé.

Les futurs ordinateurs à vocation pédagogique auront des tailles-mémoire immenses ; la vitesse des transferts entre machines ne pourra que tendre vers les vitesses d'Ethernet (10 millions de bits par seconde). La vitesse de 500 kilo bits par seconde sera trop faible.

V) LES RECOPIES DIRECTES DE MEMOIRE A MEMOIRE

Nous avons expliqué que, faute de place dans nos petites machines, nous n'utilisons pas de tampon. Cette solution permet d'éviter trois copies successives de mémoires. Ce transfert direct de mémoire à mémoire peut se justifier encore par la suite. On ne peut qu'y gagner en temps. Rappelons qu'en pédagogie, la vitesse d'exécution est primordiale : les idées sont abstraites, elles n'ont donc pas de lourdeur ; les logiciels servant à leur donner vie ne peuvent manifester d'inertie.

VI) LES PROCEDURES DE DIALOGUE

Actuellement, nous pouvons affirmer qu'elles offrent la solution parfaite à nos problèmes les plus divers. S'il fallait recommencer, nous les ré-utiliserions sans modification.

VII) LES FONCTIONS OFFERTES

Les fonctions développées en Basic couvrent les besoins actuels des pédagogues. Il manque simplement de pouvoir exploiter en Basic les cartouches-mémoire vive qui permettraient d'émuler un disque virtuel qui serait fort apprécié. C'est le problème du constructeur : le Nanoréseau a provoqué l'arrivée de ces cartouches, mais n'y est pas impliqué.

Dans la mesure où les enseignants commencent à utiliser les fonctions d'échanges entre postes, nous pensons qu'ils demanderont l'implantation de ces mêmes fonctions sur tout nouveau réseau à option pédagogique. Ces échanges donnent une dimension autre au Nanoréseau : les autres réseaux se bornent généralement aux services fichier et imprimante ainsi que d'autres services transitant par le serveur.

VIII) LES LIMITES EN DISTANCE ET EN NOMBRE DE POSTES

La réponse ci-dessous peut paraître détournée, mais elle permet de se raccrocher au quotidien plutôt qu'aux rêves : nous expérimentons actuellement un Nanoréseau "disque dur" installé à l'échelle d'un bâtiment complet, à objectif double : EAO et création de logiciels. Nous sommes confrontés à de nombreux problèmes imprévus.

- L'imprimante est située hors des salles de cours, près du serveur. Or les enseignants utilisent de plus en plus les copias écran dans leur animation pédagogique. Un palliatif serait de ré-utiliser les T07 pour piloter une imprimante (et une table traçante, et un robot ...) par salle d'EAO.

- Les développeurs sont amenés à travailler sur disquettes souples, pour pouvoir avancer leurs travaux dans plusieurs sites. La solution d'un serveur unique peu accessible pour des raisons de sécurité pose de gros problèmes.

- Les logiciels provoquant de nombreux accès réseaux ne peuvent être utilisés, à cause des gênes qu'ils provoquent sur les autres utilisateurs. Nous avons tourné la difficulté en permettant de débrancher chaque salle d'EAO du réseau principal.

- Les vulgaires problèmes d'intendance, par exemple quel est le dernier utilisateur qui va veiller à éteindre le système chaque soir... Une messagerie s'impose.

- Le disque dur apporte son lot de soucis : peu de serveurs acceptent de partitionner leur disque dur, et le logiciel du serveur ne permet pas de jouer sur les "sous répertoires". Il est utopique de vouloir gérer 20 méga octets sur disque, avec 1000 titres disponibles. Les développeurs d'équipes pédagogiques différentes ne peuvent que se gêner (destructions accidentelles de fichiers homonymes) ; l'utilisation de l'identificateur résoud un certain nombre de problèmes, mais en pose de nouveaux.

Tous ces petits problèmes, rencontrés au jour le jour, amènent à penser que la taille actuelle du Nanoréseau est convenable. Un réseau plus important est fatalement confronté à de multiples problèmes annexes tels que ceux que nous avons rencontrés, et le contexte "établissement scolaire" les rend épineux, étant donné la variété des utilisateurs et l'absence de responsable permanent.

CONCLUSION

Le produit achevé satisfait complètement l'utilisateur normal. Un certain nombre de problèmes apparaissent dès qu'on souhaite pousser plus loin les performances (interruptions surtout) ; un certain nombre de dispositifs ont fait leur preuve (dialogue, fonctions, accès directs aux plages, dimension). Le Nanoréseau offre un magnifique champ expérimental aux futurs créateurs de réseau à option pédagogique.

CONCLUSION

Le Nanoréseau est maintenant achevé. Dans ce document, nous avons expliqué ses racines, les choix techniques mis en oeuvre, ses performances et ses retombées pédagogiques. Il reste à s'interroger sur l'avenir du Nanoréseau et la future machine pédagogique.

I) UNE "PETITE" MACHINE PEDAGOGIQUE

Le Nanoréseau a privilégié un petit ordinateur, et lui a donné le statut d'outil pédagogique des années 85. Le projet des 58 sites nécessitait un mini-ordinateur par site ; le projet des 10000 micro avait choisi des ordinateurs de type professionnel ; le plan IPT a choisi des petites machines "grand public" reliées par réseau. Il y a décroissance de puissance informatique, et simultanément croissance des performances plus adaptées à la pédagogie (communication homme-machine, visualisation riche, crayon optique ...).

L'outil pédagogique servant actuellement de référence est donc une petite machine limitée sous bien des aspects. Cette faiblesse est mal perçue par les professionnels, mais ce n'est qu'un détail : la véritable enjeu est l'appropriation de l'ordinateur par les enseignants au cours des années 85-90. Cette appropriation sera plus aisée avec un modeste MOS qu'avec un compatible PC, d'ailleurs déjà jugé trop lent. A la fin de cette période, on disposera d'ordinateurs aux performances sans commune mesure avec les meilleures machines actuelles, et petites ou grosses, nos machines actuelles seront abandonnées.

II) L'HYPOTHESE DU FACTEUR 20

Dans quelle mesure peut-on se fier au Nanoréseau : un investissement décidé actuellement sur ce matériel aboutira-t-il avant que ce matériel ne soit périmé ?

Nous proposons l'hypothèse suivante : dans ce matériel informatique, les vrais progrès sont ceux assurant des sauts de 1 à 20. Une technologie s'implante, avec un niveau de référence 1, s'améliore et plafonne à un niveau de référence 5. Arrive alors une nouvelle technologie, qui permet de passer à un niveau de référence 20. Souvent d'ailleurs l'ancienne technologie continue sa vie propre car elle devient moins coûteuse (amortissement) et continue à satisfaire un large éventail de besoins.

Il s'agit de constatations fréquemment rencontrées en ce domaine : en voici quelques exemples :

Affichage des informations issues de l'ordinateur

- télétype vers écran : facteur 20 en débit
- écran alphanumérique vers écran graphique couleur :
1 à 16 Koctets de mémoire utilisée.
- écran graphique actuel vers futur écran C-Mac-Paquets :
de 64 Kilo pixels à 1 méga pixels.
- écrans ordinateurs de poche vers écran des ordinateurs en 82 :
une cinquantaine d'octets comparée au Koctet.

Taille mémoire des micro-ordinateurs

- ordinateurs de poche vers ordinateurs personnels en 82 :
de 1 à 32 Koctet
- ordinateur personnel 84 vers ordinateurs personnels haut de
gamme actuels : de 64 Koctets à 1 méga octets.

Mémoires de masse

- temps de chargement cassette à temps de chargement disquette : de 1 minute à 5 secondes
- vitesses de rotation disquette et disque dur : de 300 à 3600 tours par minute

Réseau

- les échanges les plus rapides en RS232 vers le Nanoréseau : de 19200 à 50000 bauds.
- le Nanoréseau vers les réseaux professionnels type Ethernet : de 500 Kbits/s à 10 méga bits/s.

Pratiquement, on constate que ce facteur 20 établit comme des "sauts quantiques" entre les matériels. Les systèmes co-existent dans ce rapport. Un domaine n'a pas encore connu ce saut : les temps d'accès aux mémoires : On est passé de 400 à 40 nano secondes, mais les mémoires les plus performantes sont encore réservées aux machines "haut de gamme" : on a seulement gagné un facteur 2 ou 4 dans les machines "grand public", ce qui crée une disproportion entre les machines des années 80 et les machines actuelles. Par exemple, la lecture d'un octet prend 5 μ s dans un MOS et 2 μ s dans la PC.

III) APPLICATION DU "FACTEUR 20" AU NANORESEAU

En quoi cette hypothèse du facteur 20 peut nous aider à évaluer l'avenir du Nanoréseau ? Un certain nombre d'éléments contribuant à stabiliser ce produit. Pour remplacer un produit parfaitement stabilisé, il faut proposer un autre produit dont les performances soient supérieures d'un facteur 20.

- Stabilisation du Nanoréseau

+ le nombre imposant de sites équipés crée un effet de "masse critique" qui empêche de revenir en arrière. Tout développement des exportations contribue à augmenter cet effet de masse.

+ tout programmeur enrichit la machine sur laquelle il programme : si je crée un logiciel sur APPLE, j'enrichis en fin de compte les américains, en donnant un argument de plus pour acheter APPLE. Tout logiciel créé sur MO5 contribue à stabiliser le Nanoréseau.

+ On parle actuellement de la sortie d'un MO5 nouveau, qui intégrerait la cartouche-mémoire vive et le boîtier réseau dans l'électronique de base. Il s'agit d'améliorations ne changeant pas la nature du produit, mais qui contribuent à le stabiliser.

- La future machine

La décision d'abandonner le Nanoréseau deviendra évidente lorsqu'un produit concurrent offrira des performances 20 fois supérieures, d'où le profil de la future machine :

- Taille mémoire : 1 mega octets, ce qui correspond à l'évolution des mémoires

- Taille écran : 1 méga pixel. La partie ne se joue pas au niveau des ordinateurs, mais au niveau du Comité Consultatif International pour les Radiocommunications (CCIR). Deux standards sont actuellement en compétition pour la télévision de l'avenir : le TVHD japonais et le C-Mac-paquet européen ; le premier vise 2 millions de points de définition sur l'écran, et le second 1 million. Les téléviseurs grand public autoriseront les définitions équivalentes aux films 35mm, et les ordinateurs iront à la conquête de la définition maximale, soit entre 125000 et 250000 octets : on retrouve un facteur 20 avec les définitions 320 x 200 points actuels.

- Vitesse du réseau associé : il ne s'agira plus de Nanoréseau, mais d'un réseau aux performances 20 fois supérieures, soit l'équivalent d'Ethernet ; les saisies d'écran permettront - espérons-le - de simuler encore un pseudo dessin animé par saisie d'écran des autres postes.

- Vitesse du processeur : A notre avis les vitesses évolueront peu (entre 4 et 10 MHz. Rappelons qu'il y a équivoque entre les vitesses d'horloges sur INTEL et sur MOTOROLA). Lorsque le processeur travaille deux fois plus vite, toutes les mémoires et tous les contrôleurs deviennent plus coûteux, pour un simple facteur 2 : ces choix sont encore réservés au domaine professionnel.

- Autres spécifications : un seul processeur suffira difficilement à "animer" les méga octets disponibles : toute l'évolution ira dans le sens d'éviter les pertes de temps dans des travaux annexes. Des contrôleurs intelligents (véritables micro processeurs "monochips" pour les gestions d'écran, de périphériques divers ...) prendront en charge toutes les fonctions coûteuses en temps processeur.

-Le Point d'interrogation : La difficulté de toute prospective sur ces ordinateurs futurs vient de l'ignorance du futur système de mémoire qui se développera dans un délai très bref. L'intelligence artificielle fait systématiquement appel à des recherches de mots dans des dictionnaires. Il devient impossible de passer une seconde pleine à rechercher une chaîne d'octets dans 1 méga octet de mémoire. Seule une mémoire dotée d'un peu d'intelligence saura résoudre ce problème.

Les recherches concernant cette future mémoire sont probablement aussi nombreuses que discrètes. Leur arrivée a été annoncée par APPLE dans un avenir proche. Nul doute qu'il s'agira d'un service bouleversant de nombreuses stratégies informatiques, et que ce service sera vite proposé dans les ordinateurs "grand public".

IV) LE PROBLEME DU LANGAGE

Rappelons que le succès des langages interprétés vient de la possibilité de faire exécuter instantanément les logiciels à peine écrits. L'inconvénient : une perte de temps d'un facteur 20 à 100, sans importance dans 95% des cas de travaux personnels, mais critique dans la majorité des logiciels pédagogiques. Le développement d'un langage du type "Turbo Pascal" allie la rapidité au confort de l'exécution instantanée (transparence de la phase de compilation).

Le problème essentiel posé aux développeurs-pédagogues actuels est la trop grande distance entre les projets et leur mise en oeuvre. La mise à disposition, par le constructeur, de bibliothèques complètes de routines à usage pédagogique (saisie clavier et affichage sur fenêtre écran, opérations sur tableaux complets, génération des sons ...), peut satisfaire les professionnels, mais non les enseignants isolés souhaitant développer un projet original. Des langages d'auteurs du type SAM / PIGE, développés au sein du CUEEP par MM Thibaut et Verrier pourront les satisfaire dans bien des cas.

V) L'HERITAGE DU NANORESEAU

Quelle que soit l'évolution des machines, nous pensons que le Nanoréseau lèguera aux successeurs deux héritages : un savoir faire en EAO issu d'un travail sur le terrain, et un minimum de fonctions qu'un réseau plus sophistiqué ne pourra pas négliger.

- Le savoir faire en EAO sera le fruit de la formation plus ou moins "sur le tas" d'un grand nombre d'enseignants qui auront appris à utiliser l'ordinateur comme un outil à multiples usages pédagogiques, et qui disposeront d'un grand volume de logiciels dont certains deviendront des classiques de qualité internationale.

- Les développeurs d'un futur réseau à usage pédagogique ne pourront pas se cantonner dans les usages traditionnels d'échanges de fichiers entre le serveur et les postes. Les fonctions d'échanges entre postes et de manipulations de fichiers écran seront nécessairement intégrés aux services de base, et chaque utilisateur pourra utiliser -au minimum- toutes les fonctions développées sur le Nanoréseau.

VI) L'AVENIR DE L'ENSEIGNEMENT ASSISTE PAR ORDINATEUR

Le développement de l'enseignement assisté connaît actuellement une phase privilégiée, dans la mesure où en France, tous les sites sont pratiquement équipés du même matériel : les logiciels conçus à Perpignan sont utilisables à Lille (surtout lorsque les serveurs pourront communiquer sur le réseau PTT). Cet état de grâce ne durera que le temps des MO5 et le problème se pose du développement futur de l'EAO. On risque de retrouver ensuite la même situation qu'en 80 lorsque, faute de matériel identique, les échanges étaient cloisonnés entre les TRS-80, les CEM, les APPLE, etc...

Plusieurs solutions sont possibles :

- Soit une même machine s'impose, soit par voie de finance (dotations), soit par ses qualités exceptionnelles, à l'ensemble du domaine pédagogique.
- Soit un langage du type C autorise une même implantation dans toutes les machines, les constructeurs proposant des points d'entrée et les mêmes services standardisés.
- Soit un système d'exploitation de disque commun s'impose, permettant un minimum de transfert. Ce sera peut-être l'apport essentiel des disques virtuels autonomes.
- Soit un langage d'auteur s'impose sur le marché, et sert de standard de fait du parc de ordinateurs.

Une autre évolution parallèle : les grands progiciels : tableurs, gestion de bases de données, traitement de textes, ... vont progressivement être découverts et exploités par les enseignants, ce qui n'est pas évident car ils vont souvent à contre-courant de la pédagogie traditionnelle (faute d'outil dans le passé, on a "fait avec les moyens du bord"). Ces progiciels seront adaptés au domaine pédagogique et rendront désuets un certain nombre de programmes ponctuels.

Le Nanoréseau est un produit techniquement achevé. Son aventure commerciale a démarré avec un rare éclat ; il est possible que le développement à l'étranger lui offre une seconde jeunesse. L'aventure technique du Nanoréseau est probablement achevée. L'aventure pédagogique a bien démarré... et l'avenir est plein de promesse. L'informatique pédagogique est appelée à devenir un vrai produit industriel, commercialisable sur le plan international. Autant avoir une longueur d'avance en ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES

- L1 C. Macchi et J.F. Guilbert
Téléinformatique - 1979 - Dunod
- L2 G.Pujolle, D.Seret, D.Dromard, E.Horlait
Réseaux et Télématique - (tome 1 et 2) 1985 - Eyrolles
- L3 F.Hoste - Les réseaux locaux d'entreprise
(marchés et technologies) - 1983 - Editests
- L4 Nick Hampshire - The Pat Revealed
1979 - Computabits
- L5 A.Dubus, C.Stach - Nanoreseau, le nouvel auxiliaire pédagogique
(Enseignement et Informatique) - 1986 - Cedic/Nathan
- L6 G.Cornillet - Manuel Technique du Nanoréseau
(Enseignement et Informatique) - 1986 - Cedic/Nathan
- L7 Mc.Graw-Hill - Compilation of Data communications Standards
édition II - 1982 - Harold C.Foits
- L8 P.Loosfelt, D.Poisson
Mathématiques pour formation d'adultes - 1975 - APMEP
- L9 J.N.Gers, P.Loosfelt, D.Poisson
Mathématiques du consommateur - 1980 - IREM de LILLE
- L10 Les cahiers d'étude du G.U.E.E.P - Vol.6
Janv 86 - CUEXP Lille
- L11 R.P.Uhlig - Computer Message Systems - 85 - (Proceedings of the
IFIP TC 6 International symposium on computer message systems) -
septembre 1985 - North-Holland
- L12 M.Rudnianski - Architecture de réseau : le modèle ISO
Editests - 1986
- L13 MC Graw Hill - Local network handbook
1982 - Davis,G.R
- L14 Lane, J.E. - Communicating with microcomputers
1981 - NCC-publications
- L15 CNDF - Informatique pour tous
1985 - Mission aux technologies nouvelles

ARTICLES DE PRESSE

- A1 G.M.Ellis
Experiences with a layered approach to local area network design
novembre 83 - IEEE Selected areas in communications
- A2 F.Corr, E.Gorog - Les codes capables d'assurer une sécurité contra
les erreurs dans la transmission de données
février 83 - Onde Electrique t.XLIII num.431
- A3 1 Mb/s twisted-pair network connects up to 64 devices
Corvus Systems Inc. - avril 81 - Electronics
- A4 J.Hebenstreit - 10.000 micro-computers for French secondary school.
Juillet 80 - Computer
- A5 P.Loosfelt - Le nanoréseau, outil pédagogique
octobre 85 - Savoir informatique
- A6 X.Coine - Des périphériques intelligents
décembre 85 - Savoir Informatique
- A7 Alan J.Weissberger - Bit oriented data link controls
Mars 83 - computer design - p.195-206
- A8 Carl N.R.Dellar - A file server for a network or low cost personal
microcomputers
Mars 82 - Software-practice and experience Vol 12, p 1051-1068
- A9 R.Parker et S.F.Shapiro - Untangling local area networks
Mars 83 - Computer design - p.159-172
- A10 P.Loosfelt - Fenêtres sur Nanoréseau
à paraître - Ordinateur Individuel
- A11 H.C.Salwen - In praise of ring architecture for local areas
network - mars 83 - Computer design p183-192
- A12 D.Commiot - la guerre de la haute définition
avril 86 - Sciences et avenir N° 470
- A13 Beverley P - EBC networking II
avril 1985 - Electron.& Comput. Mon
- A14 Grant J, Fluck A, Darby J - Thinking of a network ?
mai 83 - Educational Computer
- A15 Elliott R. - A class for all students. Econet
dec 84 - Personal computer world

THESES

- T1 C.Vieville - Méthodologie et conception des systèmes micro-informatiques Temps Réel - juin 86 - CNAM
- T2 P.Loosfelt - Sur un ensemble technico-pédagogique de traitement numérique et de communication sur écran de télévision
Juin 77 - Thèse docteur Ingénieur USTL
- T3 E.Delattre - Contribution à la répartition d'un système à structure de domaines sur un réseau local de micro-ordinateurs faiblement couplés - 1979 - Thèse de docteur ingénieur - Lille

RAPPORTS

- R1 P.Loosfelt - Réseau multi-médias de micro-ordinateurs personnels et de télédistribution, pour la réalisation d'un système distribué d'aide à la formation continue.
novembre 80 - Proposition de contrat de recherche ADI
- R2 P.Loosfelt - Projet de réalisation de prototype industriel mini-réseau - février 83 - Demande de contrat à l'ANVAR
- R3 P.Loosfelt - Rapports de clôture du contrat ADI
Avril 83
- R4 G.Bernard, P.Bouchat, Th.Fleury, M.Shapiro, Y.de Talhouat
Microrezo - 1983 - Rapport du Centre Mondial
- R6 A.Derycke - L'enseignement assisté par l'ordinateur. Les cinq prochaines années.
Mai 86 - 5^e symposium canadien sur la technologie pédagogique
- R7 Compta rendu du Nanoforum
février 86 - Leannord
- R8 D.Poisson, Ch.Dhalluin - L'ordinateur, super tableau noir
avril 86 - Colloqua du CNAM

DOCUMENTS CONSTRUCTEURS

-
- D1 MOTOROLA - 8 bits microprocessor Data Book
1981
 - D2 Manuel de référence Nanoréseau - Leanord
juin 1985
 - D3 Suivez la guide - Leanord
(tome 1 et 2) - juin 1985
 - D4 An Introduction to Data Communication
Motorola Inc.
 - D5 Texas - Interface Data Book
1981
 - D6 Le DOS du T07 - Thomson
1983
 - D7 Memento Nanoréseau Basic Dos
Fév.86 - CUEEP

SOMMAIRE

Remerciements	p 1
INTRODUCTION	p 5

I) Les promesses de l'EAO	p 5
II) Une machine cible unique	p 6
III) Les services offerts par le Nanoréseau	p 6
IV) L'engagement des services publics	p 7
V) L'engagement d'un industriel	p 7
VI) Les acteurs du Nanoréseau	p 8
VII) L'organisation de ce document	p 8
PREMIERE PARTIE L'AMONT DU NANORESEAU	p 10

CHAPITRE 1 : LES RECHERCHES PERSONNELLES DE L'AUTEUR	p 11

I) Le statut Enseignant Chercheur.	p 11
II) Les trois phases de l'enseignement	p 12
A) La phase "transmission d'informations"	p 13
B) La phase "assimilation des informations"	p 15
C) La phase "contrôle des connaissances "	p 17
CHAPITRE 2 : LES PROJETS NATIONAUX DE L'EAO	p 18

I) Illustration des progrès des ordinateurs depuis 1970	p 18
II) Le premier projet EAO (1970 - 1976)	p 20
III) L'opération 10000 micros-ordinateurs (1980 - 1983)	p 21
IV) Le Plan Informatique Pour Tous	p 21
CHAPITRE 3 : L'EVOLUTION DU MATERIEL GRAND PUBLIC	p 23

I) La recherche des prix bas.	p 23
II) L'accès à la mémoire écran.	p 25
III) Les langages résidents.	p 26
CHAPITRE 4 : LES ETAPES PRELIMINAIRES DU NANORESEAU	p 28

I) Le réseau "lecteur de cassettes"	p 28
II) Le bus IEEE détourné	p 29
III) Le réseau universel à communicateurs	p 30
IV) Le réseau minimum (sur CBM)	p 30
V) L'ancienne version du Nanoréseau	p 31

DEUXIEME PARTIE : LES GRANDS CHOIX DU NANORESEAU	p 33

CHAPITRE 1 : LE CAHIER DES CHARGES INITIAL	p 34

I) Convivialité.	p 34
II) Rapidité.	p 34
III) Mobilité.	p 35
IV) Rusticité.	p 35
V) Coût modeste.	p 35
VI) Système anti panne.	p 35
VII) Transparence aux codes.	p 35
VIII) Les dimensions maximales du dispositif	p 36
CHAPITRE 2 : LES CHOIX ELECTRONIQUES	p 37

I) Le choix entre série et parallèle	p 37
II) Technique de transmission série	p 39
III) Procédure de prise de ligne.	p 39
IV) Problème des réceptions d'appels	p 41
V) Le choix des vitesses	p 42
CHAPITRE 3 : LE CHOIX DES FONCTIONS A IMPLANTER	p 43

I) Les services d'un système d'exploitation de disques	p 44
A) Le chargement de logiciel.	p 44
B) Le chargement de plage mémoire.	p 45
C) La sauvegarde.	p 45
D) Le répertoire	p 46
E) La gestion de fichiers	p 46
F) La notion de fichier-écran	p 48
II) Les échanges entre postes	p 49
III) L'impression	p 50
IV) L'intégration au Basic	p 51
V) Les fonctions futures	p 52
A) messagerie	p 52
B) les lutins	p 52
CHAPITRE 4 : LES PROCEDURES DE DIALOGUE	p 54

I) Le courrier et la téléphone	p 55
II) Les problèmes d'implantation de HDLC	p 56
III) La solution "téléphone" : le Nanoréseau	p 57
IV) Les premiers dialogues entre postes.	p 58
V) La télécommande de l'esclave par le maître	p 59
CHAPITRE 5 : LE SYSTEME DE SECURITE	p 61

I) Les principes de sécurité choisis.	p 61
II) Le dispositif de sécurité	p 63

TROISIEME PARTIE : LE NANORESEAU COUCHE PAR COUCHE -----	p 66
CHAPITRE 1 : LA COUCHE APPLICATION -----	p 69
I) Rôle et contexte de la couche Application	p 70
II) Les fonctions de la couche application du Basic	p 71
A) La fonction des échanges entre postes	p 71
B) Les ordres impliquant le serveur	p 71
C) Les périphériques liés au réseau	p 72
III) Les cartouches à mémoire vive	p 74
CHAPITRE 2 : LA COUCHE PRESENTATION -----	p 76
I) Rôle et contexte de la couche Présentation	p 76
A) Rôle de la couche Présentation	p 76
B) Le service offert par la couche inférieure	p 77
II) La requête	p 77
III) Les codes tâche des requêtes	p 78
A) Les codes tâche disponibles	p 78
B) Quelques exemples de fonctions Basic	p 80
IV) Procédure d'émission de la requête sur la ligne	p 84
V) Les tâches d'accompagnement de la couche présentation	p 85
A) Avant émission de la requête	p 85
B) Après émission de la requête	p 85
CHAPITRE 3 : LA COUCHE SESSION -----	p 88
I) La couche session de poste demandeur	p 89
A) Le rôle de la couche Session du demandeur	p 89
B) Le service offert par la couche Transport	p 89
C) Le compteur de répétitions	p 89
D) La copie de l'original	p 89
E) Emission de la requête	p 90
F) Réception de l'ordre de déconnecter	p 90
II) La couche session du poste sollicité	p 92
A) Le rôle de la couche Session du poste sollicité	p 93
B) Les outils à la disposition de la couche Session	p 93
C) Les codes tâches utilisables dans les consignes	p 94
D) Le travail du poste actif	p 95
E) Ordre de déconnecter	p 96
III) Quelques exemples	p 97
A) Pillage d'un poste	p 97
B) Ordre d'écriture dans un fichier	p 97
C) Saisie d'écran	p 98

CHAPITRE 4 : LA COUCHE TRANSPORT

p 99

- I) Les règles de base des échanges p 101
- II) Les points d'entrée de la couche inférieure p 103
 - A) Emission p 103
 - B) Réception p 103
 - C) Horloge p 103
- III) La couche Transport du poste demandeur p 104
 - A) Emission de la requête p 104
 - B) L'état d'attente p 107
- IV) La couche Transport du poste sollicité p 108
 - A) Réception d'une requête p 108
 - B) Emission d'une consigne p 109
 - C) Séquence "ordre de recevoir" p 110
 - D) Séquence "ordre d'envoyer" p 111
 - E) Séquence "déconnecte" p 111

CHAPITRE 5 : LA COUCHE LIAISON

p 113

- I) Rôle et contexte de la couche Liaison p 114
 - A) Le rôle de la couche Liaison p 114
 - B) Les outils offerts par la couche Physique p 115
- II) Les deux logiciels : Emission et Reception p 115
- III) La vérification de la trame HDLC : le CRC p 117
- IV) Les interruptions p 119

CHAPITRE 6 : LA COUCHE PHYSIQUE

p 121

- I) Les services du contrôleur de communication p 122
 - A) Détection des début et fin de message p 122
 - B) L'insertion automatique de zéros p 122
 - C) Les lignes de service commandées par logiciel p 123
- II) La détection de l'état de repos sur la ligne p 124
- III) La ligne de transmission p 125
 - A) Les atténuations sur ligne p 125
 - B) L'injection d'un signal sur la ligne p 126
 - C) La transmission par signaux complémentés p 127
 - D) Les signaux échangés sur le câble de liaison p 128
 - E) Les conflits de prise de ligne p 129
 - F) Le problème des masses p 130

QUATRIEME PARTIE : LES RESULTATS	p 133
<hr/>	
CHAPITRE 1 : LES PERFORMANCES TECHNIQUES DU NANORESEAU	p 134
<hr/>	
I) La portée du Nanoréseau.	p 134
II) Nombre maximum des postes en ligne.	p 135
III) Le débit du Nanoréseau.	p 136
A) La notion de débit du réseau	p 137
B) Le débit sur Nanoréseau sans encombrement	p 137
C) Le débit sur Nanoréseau à saturation	p 139
IV) Le point sur les fréquences d'erreur	p 140
V) Tentative de quantification du nombre de collisions	p 142
CHAPITRE 2 : UN OUTIL PEDAGOGIQUE ORIGINAL	p 150
<hr/>	
I) Le rôle du Nanoréseau dans l'enseignement.	p 150
II) Quelques comportements pédagogiques nouveaux.	p 151
CHAPITRE 3 : BILAN TECHNIQUE	p 154
<hr/>	
I) Un contrôleur de communication trop rudimentaire	p 154
II) Manque d'intelligence du serveur.	p 156
III) Non autonomie du Nanoréseau.	p 157
IV) Le débit du réseau.	p 158
V) Les recopies de mémoire à mémoire	p 158
VI) Les procédures de dialogue.	p 159
VII) Les fonctions offertes.	p 159
VIII) Les limites en nombre de postes et en distance.	p 159
CONCLUSION	p 161
<hr/>	
I) Une "petite" machine pédagogique	p 161
II) L'hypothèse du facteur 20	p 162
III) Application du facteur 20 au Nanoréseau	p 163
IV) Le problème du langage	p 165
V) L'héritage du Nanoréseau	p 166
VI) L'avenir de l'Enseignement Assisté par Ordinateur	p 166
<hr/>	
Bibliographie	p 168