



Haute Ecole Libre du Hainaut Occidental

Graduats Don Bosco. 12, rue Frinoise. 7500. TOURNAI

Périphériques des ordinateurs

Le modem



Professeur : Mme Buseyne

Année scolaire 2007 – 2008.

VERSTRAETE Andy.

2^{ème} informatique.

Sommaire

1) Introduction	4
a) A quoi sert un modem ?	4
b) L'histoire du modem	5
2) Les caractéristiques du modem	6
a) Sa vitesse	6
b) Son type	6
c) Sa norme	6
d) Ses fonctionnalités	6
3) Les différents types de modems	7
a) Le modem interne	7
b) Le modem externe	7
c) Le modem ADSL	8
d) Le modem PCMCIA	9
e) Comment bien choisir son modem ?	9
4) Les technologies de communication	10
a) Le RTC	10
b) Le RNIS	10
c) Le câble de télévision	10
d) L'ADSL	10
e) En résumé	11
5) Les différents standards	12
6) La transmission des données	14
a) Les modes de transmission	14
1) Le sens des échanges	14
• La liaison simplex	14
• La liaison half-duplex	14
• La liaison full-duplex	15
2) Le mode de transmission	15
• La liaison parallèle	15
• La liaison série	16
3) La synchronisation	17
• La liaison asynchrone	17
• La liaison synchrone	17
b) La transmission analogique de données	17
1) La transmission analogique de données analogiques	18
2) La transmission analogique de données numériques	18
c) La transmission numérique de données	18

1) Le codage des signaux	19
2) Les systèmes de codage	19
• Le codage NRZ	19
• Le codage NRZI	20
• Le codage Manchester	20
• Le codage Delay Mode	21
• Le codage bipolaire simple	21
7) La modulation	22
a) La modulation d'amplitude	22
b) La modulation de fréquence	22
c) La modulation de phase	23
d) Autres modulations	23
• La modulation de fréquence à 4 états	23
• La modulation de fréquence et d'amplitude	24
8) Structure Hardware du modem	25
a) L'UART	25
b) Le microprocesseur	25
c) La RAM	25
d) La ROM	25
e) Le DSP	26
f) Les interfaces d'entrée/sortie	26
• Internes	26
o ISA	26
o PCI	26
o AMR	28
o CNR	28
• Externes	28
o Série	28
o Parallèle	29
o USB	29
9) Conclusion	31
• L'avenir du modem	31
10) Webographie	32

1) Introduction

a) A quoi sert un modem ?

Le modem est un périphérique servant à communiquer avec des utilisateurs distants via un support de transmission filaire (*par exemple* : une ligne téléphonique). Il permet d'échanger des fichiers, des fax, de se connecter à Internet, d'échanger des e-mails, de téléphoner ou de recevoir la télévision.

Les ordinateurs fonctionnent de façon numérique (codage binaire : les bits 0 ou 1) tandis que les lignes téléphoniques sont analogiques.

Les signaux numériques passent d'une valeur à une autre, il n'y a pas de « milieu ». C'est soit 1, soit 0.

Par contre les signaux analogiques, eux, évoluent de façon continue.

Voici un petit exemple musical pour bien faire la différence entre un signal numérique et un signal analogique :

Prenons un piano et un violon.

Un piano fonctionne plus ou moins de façon numérique car il y a un « pas » entre les notes.

Un violon par contre peut moduler ses notes pour passer par toutes les fréquences possibles.

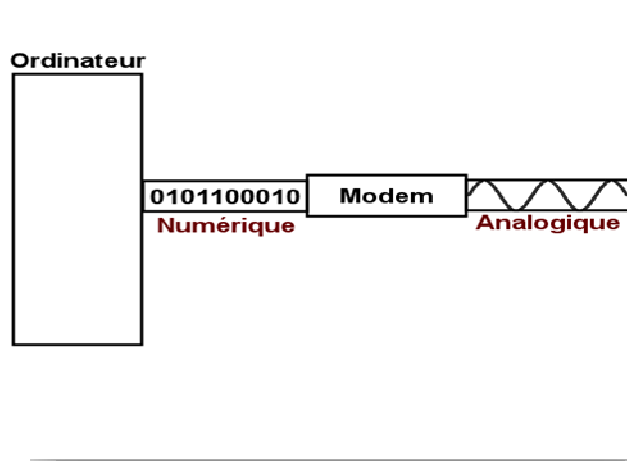
On peut donc considérer qu'un ordinateur fonctionne à la manière d'un piano, un modem comme un violon.

Le modem sert à convertir les données numériques de l'ordinateur en données analogiques transmissibles par une ligne de téléphone classique et réciproquement.

On peut donc dire que c'est un appareil qui sert à faire communiquer des machines numériques à travers un réseau analogique.

On dit que le modem **module** les informations numériques en ondes analogiques et en sens inverse, il **démodule** les données analogiques pour les convertir en numérique.

C'est d'ailleurs de là que vient son nom qui est un acronyme de **Modulateur / Démodulateur**.



Le modem de se connecter à par l'intermédiaire d'un fournisseur d'accès comme Skynet par exemple. Bref, le modem permet de communiquer par le réseau téléphonique.

b) L'histoire du modem

Les modems ont été utilisés pour la première fois dans le système de défense aérien SAGE à la fin des années 1950. Leur but était de connecter des terminaux situés sur des bases aériennes, des sites de radars aux centraux SAGE éparpillés aux Etats - Unis et au Canada. SAGE utilisait un système de lignes dédiées mais les équipements à leurs extrémités étaient similaires aux modems modernes.

IBM était le principal fournisseur de SAGE pour les ordinateurs et les modems.

En 1958, Bell crée le premier modem permettant de transmettre des données binaires sur une simple ligne téléphonique.

Le premier appareil commercial n'a été disponible qu'en 1962. Il fut appelé le **Bell 103** par AT & T. Ce premier modèle acceptait la transmission full – duplex et permettait des débits allant jusqu'à 300 bits par seconde.

Un peu plus tard, le **Bell 212** est né, celui – ci pouvait atteindre une vitesse de 1200 bits par seconde. Il employait une méthode de modulation appelée PSK (phase shift keying) qui fut une évolution de la méthode FSK (frequency shift keying) employée par le Bell 103.

Au cours des 15 années suivantes, on a cherché à ce que les modems puissent transférer les données à un débit plus élevé. Pour réaliser cela, le système téléphonique eu besoin de quelques améliorations. En raison des interférences de signaux étant atténués à différents niveaux à travers le système, il y eu des problèmes au niveau des données. Pour compenser cela, des égaliseurs ont été installés sur les lignes téléphoniques. L'égaliseur a été inventé par Robert Lucky des Laboratoires Bell en 1965 et grâce à cette invention, les données peuvent être transmises à des taux élevés.

Cela a également amélioré la technologie des modems en même temps et en 1980, il existait des modems pouvant débiter jusqu'à 14,4 Kilobits par seconde sur les 4 fils de ligne loué. En 1984, les modems sont sur le point de pouvoir débiter 9,6 kilobits de données par seconde le long d'une paire unique de fil. Pour que cela devienne une réalité, des progrès ont été réalisés dans la suppression de l'écho.

En utilisant la même technologie, les vitesses des modems ont augmentées jusqu'à 14,4 Ko par seconde. Ensuite en 1994, elle a doublé pour atteindre 28,8 Ko par seconde et peut de temps plus tard, elle s'éleva à 33,6 Ko ce qui était censé être la limite maximale pour les transmissions sur les lignes téléphoniques.

Mais ensuite est venu le modem 56k ainsi qu'un nouvel ensemble de normes.

2) Les Caractéristiques du modem

a) Sa vitesse

La vitesse de transmission du modem est exprimée en bits par seconde (bits/s ou bps) ou en kilobits par seconde (Kbits/s ou kbps). *Exemple.*: 512 Kbits/s = 64 ko par seconde (512 / 8). Les deux facteurs très importants sont la vitesse en réception et en émission. Ainsi, la norme V92 a permis de porter la vitesse maximale en émission des modems à 48 Kbits/s (ou 5.9 ko par seconde), au lieu de 4.1 ko pour la norme V90. Bien sûr ces vitesses sont purement théoriques et ne comptez pas les atteindre avec une connexion classique. En revanche, les débits des modems ADSL (parfois plus d'un Mo par seconde) sont facilement atteints, suivant la qualité du serveur du site que vous consultez.

La vitesse est également exprimée en baud. La notion de baud réfère à un nombre de paquets de données envoyées d'un seul bloc. Si le bloc contient un seul bit, les bps et bauds correspondent.

Beaucoup de facteurs externes influencent la vitesse de transmission tels que la qualité de la ligne téléphonique et la capacité du fournisseur de services internet.

b) Son type

Modem interne ou modem externe. Si vous avez un port PCI de libre, un modem interne est conseillé. Il coûte bien moins cher que l'externe à caractéristiques comparables. Sinon, les modems externes sont le seul choix. Pour les portables, si vous n'avez pas de port USB ou série, un modem PCMCIA s'impose.

Ces différents modèles sont décrits ci – après.

c) Sa norme

V90 maintenant pour tous les modems (56,6 Kbits/s en réception et 33,6 en émission). Certains modems possèdent même le V92 qui permet d'accélérer un peu le débit en émission (48 au lieu de 36 Kbits/s), mais pas en réception.

d) Ses fonctionnalités

Certains modems font office de répondeur, peuvent lire vos mails PC éteint et les rapatrier, ou encore font fax et minitel. A vous de choisir, mais je considère cela comme de simples gadgets.

3) Les différents types de modems

a) Le modem interne

Les modems internes sont en général les moins chers. Il s'agit d'une carte que l'on insère dans l'ordinateur. Sa face arrière présente au minimum le connecteur pour la ligne de téléphone. Certaines cartes présentent un connecteur supplémentaire sur lequel on peut brancher le téléphone.

On distingue deux catégories de modems :

- **Les WinModem** dont la majeure partie des fonctions est assurée par du logiciel et non par du matériel. Ils sont donc beaucoup moins chers mais ils utilisent le processeur pour décoder les signaux téléphoniques.
- **Les modems standards** n'utilise plus le processeur central, la navigation sur Internet est donc plus fluide et moins dépendante du processeur.

Les modems internes peuvent aussi servir de minitel et de fax. Ils se présentent sous la forme d'une carte qu'il suffit d'insérer à l'intérieur du boîtier de l'ordinateur.



Un modem interne

b) Le modem externe

Le modem externe est un périphérique séparé que l'on peut connecter au port série ou au port USB du PC

Il est un peu plus coûteux que le modem interne mais il a tout de même des avantages. On peut utiliser ce type de modem comme un fax ou un répondeur téléphonique quand l'ordinateur n'est pas allumé.

De plus, le modem externe n'utilise pas d'emplacement sur la carte mère ce qui donne un emplacement libre supplémentaire pour l'utilisateur qui veut ajouter plusieurs cartes d'extension.

Ils offrent par contre la même vitesse de transmission et d'émission que les modems internes.

Leur interface est la plupart du temps en USB mais un port série (RS/232) est présent pour assurer au maximum la comptabilité.

Dans la majorité des cas on choisit la carte interne. On peut choisir une carte de type ISA ou de type PCI.

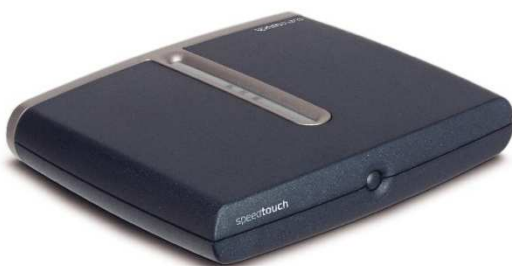


Un modem USB

c) Le modem ADSL

Complètement différents des modems 56k de par leurs performances et leur mode de fonctionnement. Ils font presque tous office de routeurs, sont généralement configurables à l'aide d'une interface web que l'on consulte avec son navigateur internet et sont de plus en plus souvent prêtés par les fournisseurs d'accès internet. Ils peuvent cependant coûter assez cher si vous les achetez à part.

Certains modems ADSL disposent aussi d'un branchement en Ethernet (à privilégier, car le branchement en Ethernet consomme moins de ressources processeur que l'USB)



Un modem ADSL

Un port Ethernet



Deux prises Ethernet

d) Le modem PCMCIA

(Personal Computer Memory Card International Association)

Les périphériques PCMCIA sont au format carte de crédit (54 mm par 85 mm) et possèdent un connecteur de 68 broches. Comme pour les cartes réseaux, un modem pour ordinateur portable est, soit directement intégré, soit au format PCMCIA.

Il existe même des cartes PCMCIA qui font modem et en même temps réseau. La vitesse de transmission théorique de ces cartes est identique à celle des cartes modem traditionnelles. Cependant, ces cartes sont moins performantes que les modems intégrés au portable, car elles sont plus dépendantes du processeur central. C'est le seul moyen d'ajouter un modem à son portable si celui-ci n'en dispose pas (ancien modèle), sauf si vous avez un port USB. Les cartes PCMCIA sont assez chères.



Une carte PCMCIA

e) Comment bien choisir son modem ?

- Le type : interne ou externe ? C'est un choix difficile mais le prix devrait vous faire pencher vers l'interne. En effet, ils coûtent bien moins chers que leurs homologues externes, à fonctionnalités égales. Si en revanche vous n'avez pas de port PCI de libre sur votre carte mère, le modem externe est le seul choix.
- La norme : tous les modems 56k sont désormais à la norme V92 qui augmente théoriquement un peu la vitesse en émission (lors de l'envoi de mails par exemple) par rapport au V90.
- Fonctionnalités : certains modems (surtout externes) permettent de faire office de répondeur ou de fax, voire même de recevoir vos emails PC éteint (pour certains modems externes). Cela ne sert pas à grand chose étant donné le prix plus élevé de ces appareils qui n'offrent que des "gadgets".
- Si vous avez le choix entre un modem simple et un modem routeur, prenez le modèle routeur qui vous offrira une plus grande sécurité s'il est bien configuré. En effet, vous pourrez vous dispenser du pare-feu (vous pouvez donc gagner en performances) mais vous pourrez parfois faire de la redirection de ports (autrement dit, via plusieurs PC de votre réseau, vous pourrez, par exemple, si vous recevez une information sur le port 81 la rediriger vers le PC numéro 2, alors qu'une information sur le port 80 sera par exemple redirigée vers votre PC).

4) Les technologies de communication

a) Le RTC (Réseau Téléphonique Commuté)

Le réseau téléphonique commuté est la ligne téléphonique traditionnelle. Cette technologie permet de transmettre des données à une vitesse théorique maximale de 56 kbps par seconde en réception et 33,6 kbps en émission. En pratique toutefois, le débit n'est pas toujours aussi rapide.

b) Le RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services)

Le réseau numérique à intégration de services (RNIS ou ISDN, en anglais), est un réseau entièrement numérique qui offre un débit de transfert d'informations caractérisé par sa rapidité et sa fluidité. Un accès de base met à votre disposition minimum deux canaux de 64.000 bits par seconde chacun. Si on utilise les deux lignes simultanément, cette technologie permet donc théoriquement de transmettre des données à la vitesse maximale de 128.000 bits par seconde dans les deux sens de la communication.

Pour surfer sur Internet à partir de la technologie RNIS, vous avez besoin d'une interface entre la ligne et votre ordinateur, appelé "modem RNIS".

c) Le câble de télévision

Les vitesses atteintes par les modems câble sont largement supérieures à celles obtenues par un modem RTC. Toutefois, les vitesses de transmission dépendent fortement de l'heure de connexion et donc de l'occupation du réseau.

d) L'ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

La technologie ADSL permet, grâce à un modem de nouvelle génération, d'accroître les vitesses de transmission des données tout en utilisant votre ligne téléphonique classique (de l'ordre de 10 fois plus rapide pour le téléchargement de données et de 2 fois pour l'envoi de données).

En effet, l'ADSL utilise la paire de câbles en cuivre traditionnel, le fil du téléphone, mais sur des fréquences plus élevées, ce qui permet de surfer et de rester connecté à Internet 24h/24 tout en laissant votre ligne téléphonique libre.

e) En résumé

Technologies	Avantages	Inconvénients
RTC	Utilise la ligne de téléphone classique qui est, en règle générale, déjà installée et donc ne nécessite pas l'intervention des services de télécommunication.	L'accès à Internet monopolise la ligne téléphonique. Il ne vous est plus possible de recevoir de coups de téléphone pendant que vous êtes connecté à Internet. Le transfert de données est relativement lent.
RNIS	La liaison RNIS est plus stable et moins sensible aux perturbations analogiques que la liaison RTC. Elle est également plus rapide et permet de surfer sur Internet et de téléphoner en même temps, car il y a deux canaux de communication.	L'installation de cette ligne nécessite l'intervention payante d'une entreprise de télécommunication.
Le câble de télévision	Apporte un réel confort dans l'utilisation d'Internet et permet une connexion rapide, 24h/24, sans interférer avec la télévision câblée. Les frais sont forfaitaires, il n'y a plus de frais de communication téléphonique	Les vitesses de transmission peuvent fortement changer suivant l'heure de connexion
	Vous payez un abonnement	Il vous faudra, en plus de votre

L'ADSL	mensuel forfaitaire. Vous ne devez donc plus payer de frais de communication téléphonique liés à la durée de connexion.	abonnement pour votre ligne classique, payer un abonnement pour votre ligne ADSL ainsi qu'un abonnement approprié auprès d'un fournisseur d'accès Internet.
--------	---	---

5) Les différents standards

L'UIT (Union Internationale des Télécommunications - standardisation des Télécommunications) a pour but de définir les standards de communications internationaux. Les standards des modems peuvent se diviser en 3 catégories :

- Les standards de modulation
- Les standards de correction d'erreurs
- Les standards de compression des données

Voici une liste des principaux standards de modem :

Standards de modulation	Débits théoriques	Mode
Bell 103	300 bits/s	Full duplex
V.21	300 bits/s	Full duplex
V.22	1,2 Kbits/s	Half duplex
V.22 bis	2,4 Kbits/s	Full duplex
V.23	1,2 Kbits/s	Half duplex
V.29	9,6 Kbits/s	Half duplex
V.32	9,6 Kbits/s	Full duplex

V.32 bis	14,4 Kbits/s	Full duplex
V.32 fast	28,8 Kbits/s	Full duplex
V.34	28,8 Kbits/s	Full duplex
V.90	56 Kbits/s en réception et 33,6 Kbits/s en émission	Full duplex
V.92	56 Kbits/s en réception et 48 Kbits/s en émission	Full duplex

Plus la vitesse de transmission est élevée, plus petit est l'écart entre les différents états de la ligne. Le taux d'erreurs a donc tendance à augmenter, particulièrement lorsque la ligne de transmission est perturbée. Ceci a amené la mise au point de normes pour détecter et corriger les erreurs, telles que les normes V.42 et MNP 1 à MNP 4 (ces dernières normes ont été mises au point par la firme Microcom).

Par ailleurs, comme avec la norme V.90 on arrive près de la vitesse de transfert théorique maximum d'une ligne téléphonique standard, on a mis au point des techniques permettant d'augmenter le débit en procédant, avant l'envoi, à une compression des données.

- La norme V.42bis permet de multiplier par 4 la vitesse de transmission effective d'une ligne
- La norme MNP 5 permet de doubler le débit
- La norme MNP 6 décrit la procédure d'établissement de la vitesse de transmission ; chaque modem commence par se connecter à sa vitesse la plus basse (généralement 2400b/s), puis augmente progressivement sa cadence jusqu'à ce que l'autre modem ne suive plus
- La norme MNP 7 est un protocole de compression d'un facteur 3
- La norme MNP 9 tente d'accroître la bande passante en plaçant les ACK (accusés de réception) dans les paquets de données plutôt que séparés
- La norme MNP 10 utilise une compression MNP 5 ou V.42bis, mais parvient à accroître encore le débit. Si, par suite de mauvaises conditions de transmission (bruit, parasites...), les modems ont réduit leur cadence, MNP 10 leur permet d'accroître à nouveau la cadence si l'état de la ligne s'améliore

6) La transmission des données

a) Les modes de transmission

Pour une transmission donnée sur une voie de communication entre deux machines, la communication peut s'effectuer de différentes manières. La transmission est caractérisée par :

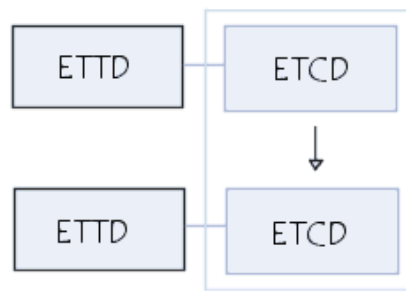
- le sens des échanges
- le mode de transmission : il s'agit du nombre de bits envoyés simultanément
- la synchronisation : il s'agit de la synchronisation entre émetteur et récepteur

1) Le sens des échanges

Selon le sens des échanges, on distingue 3 modes de transmission.

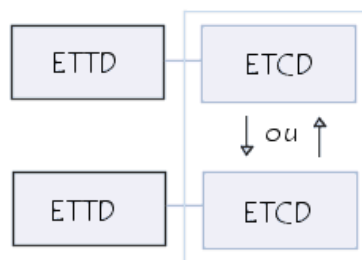
- **La liaison simplex** : caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un seul sens, c'est-à-dire de l'émetteur vers le récepteur. Ce genre de liaison est utile lorsque les données n'ont pas besoin de circuler dans les deux sens (par exemple de votre ordinateur vers l'imprimante ou de la souris vers l'ordinateur...).

Liaison simplex



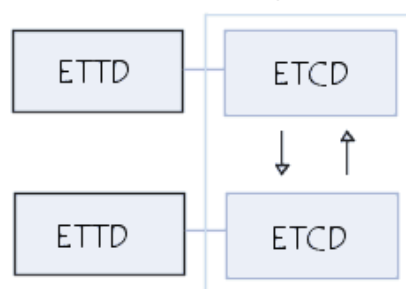
- **La liaison half-duplex :** (parfois appelée *liaison à l'alternat* ou *semi-duplex*) caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un sens ou l'autre, mais pas les deux simultanément. Ainsi, avec ce genre de liaison, chaque extrémité de la liaison émet à son tour. Ce type de liaison permet d'avoir une liaison bidirectionnelle utilisant la capacité totale de la ligne.

Liaison half-duplex



- **La liaison full-duplex :** (appelée aussi *duplex intégral*) caractérise une liaison dans laquelle les données circulent de façon bidirectionnelle et simultanément. Ainsi, chaque extrémité de la ligne peut émettre et recevoir en même temps, ce qui signifie que la bande passante est divisée par deux pour chaque sens d'émission des données si un même support de transmission est utilisé pour les deux transmissions.

Liaison full-duplex



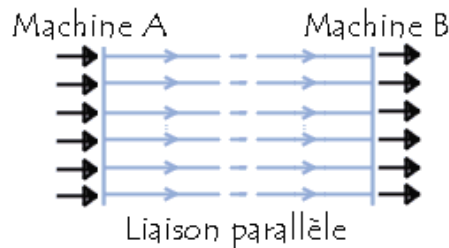
2) Le mode de transmission

Le mode de transmission désigne le nombre de bits pouvant être simultanément transmis par le canal de communication. En effet, un processeur ne traite jamais (dans le cas des processeurs récents) un seul bit à la fois, il permet généralement d'en traiter plusieurs (la

plupart du temps 8, soit un octet), c'est la raison pour laquelle la liaison de base sur un ordinateur est une liaison parallèle.

- **La liaison parallèle**

On désigne par liaison parallèle la transmission simultanée de N bits. Ces bits sont envoyés simultanément sur N voies différentes (une voie étant par exemple un *fil*, un câble ou tout autre support physique). La liaison parallèle des ordinateurs de type PC nécessite généralement 10 fils.



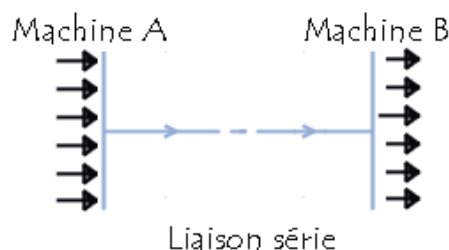
Ces voies peuvent être :

- N lignes physiques : chaque bit est envoyé sur une ligne physique (c'est la raison pour laquelle les câbles parallèles sont composés de plusieurs fils en nappe)
- une ligne physique divisée en plusieurs sous-canaux par division de la bande passante. Ainsi chaque bit est transmis sur une fréquence différente.

Etant donné que les fils conducteurs sont proches sur une nappe, il existe des perturbations (notamment à haut débit) dégradant la qualité du signal.

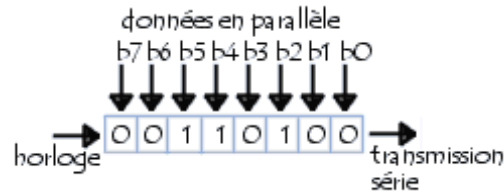
- **Liaison série**

Dans une liaison en série, les données sont envoyées bit par bit sur la voie de transmission. Toutefois, étant donné que la plupart des processeurs traitent les informations de façon parallèle, il s'agit de transformer des données arrivant de façon parallèle en données en série au niveau de l'émetteur, et inversement au niveau du récepteur.

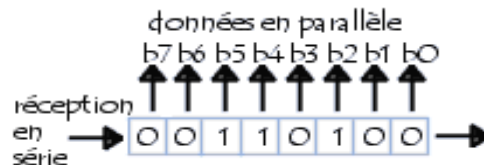


Ces opérations sont réalisées grâce à un contrôleur de communication (la plupart du temps une puce *UART, Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). Le contrôleur de communication fonctionne de la façon suivante :

- **La transformation parallèle-série** se fait grâce à un registre de décalage. Le registre de décalage permet, grâce à une horloge, de décaler l'ensemble des données présentes en parallèle d'une position à gauche, puis d'émettre le bit de poids fort (celui le plus à gauche) et ainsi de suite :



- **La transformation série-parallèle** se fait quasiment de la même façon grâce au registre de décalage. Le registre de décalage permet de décaler le registre d'une position à gauche à chaque réception d'un bit, puis d'émettre la totalité du registre en parallèle lorsque celui-ci est plein et ainsi de suite :



3) La synchronisation

Etant donné les problèmes que pose la liaison de type parallèle, c'est la liaison série qui est la plus utilisée. Toutefois, puisqu'un seul fil transporte l'information, il existe un problème de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur, c'est-à-dire que le récepteur ne peut pas a priori distinguer les caractères (ou même de manière plus générale les séquences de bits) car les bits sont envoyés successivement. Il existe donc deux types de transmission permettant de remédier à ce problème :

- **La liaison asynchrone**

Liaison dans laquelle chaque caractère est émis de façon irrégulière dans le temps (par exemple un utilisateur envoyant en temps réel des caractères saisis au clavier). Ainsi, imaginons qu'un seul bit soit transmis pendant une longue période de silence... le récepteur ne pourrait savoir s'il s'agit de 00010000, ou 10000000 ou encore 00000100...

Afin de remédier à ce problème, chaque caractère est précédé d'une information indiquant le début de la transmission du caractère (l'information de début d'émission est appelée *bit START*) et terminé par l'envoi d'une information de fin de transmission (appelée *bit STOP*, il peut éventuellement y avoir plusieurs bits STOP).

- **La liaison synchrone**

Liaison dans laquelle émetteur et récepteur sont cadencés à la même horloge. Le récepteur reçoit de façon continue (même lorsque aucun bit n'est transmis) les informations au rythme où l'émetteur les envoie. C'est pourquoi il est nécessaire qu'émetteur et récepteur soient cadencés à la même vitesse. De plus, des informations supplémentaires sont insérées afin de garantir l'absence d'erreurs lors de la transmission.

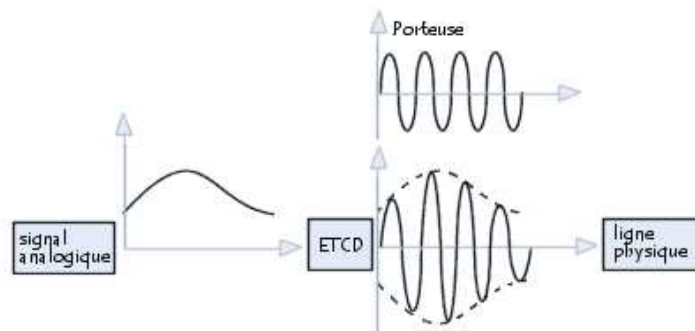
b) La transmission analogique de données

La transmission analogique de données consiste à faire circuler des informations sur un support physique de transmission sous la forme d'une onde. La transmission des données se fait par l'intermédiaire d'une *onde porteuse*, une onde simple dont le seul but est de transporter les données par modification de l'une de ces caractéristiques (amplitude, fréquence ou phase), c'est la raison pour laquelle la transmission analogique est généralement appelée **transmission par modulation d'onde porteuse**. Selon le paramètre de l'onde porteuse que l'on fait varier, on distinguera trois types de transmissions analogiques:

- La transmission par modulation d'amplitude de la porteuse
- La transmission par modulation de fréquence de la porteuse
- La transmission par modulation de phase de la porteuse

1) La transmission analogique de données analogiques

Ce type de transmission désigne un schéma dans lequel les données à transmettre sont directement sous forme analogique. Ainsi, pour transmettre ce signal, l'ETCD doit effectuer une convolution continue du signal à transmettre et de l'onde porteuse, c'est-à-dire que l'onde qu'il va transmettre va être une association de l'onde porteuse et du signal à transmettre. Dans le cas d'une transmission par modulation d'amplitude par exemple la transmission se fait de la manière suivante :



2) La transmission analogique de données numériques

Lorsque les données numériques ont fait leur apparition, les systèmes de transmission étaient encore analogiques, il a donc fallu trouver un moyen de transmettre des données numériques de façon analogique.

Le modem fut la solution à ce problème. Son rôle est :

- **A l'émission** : de convertir des données numériques (un ensemble de 0 et de 1) en signaux analogiques (la variation continue d'un phénomène physique). On appelle ce procédé la *modulation*.
- **A la réception** : de convertir le signal analogique en données numériques. Ce procédé est appelé *démodulation*.

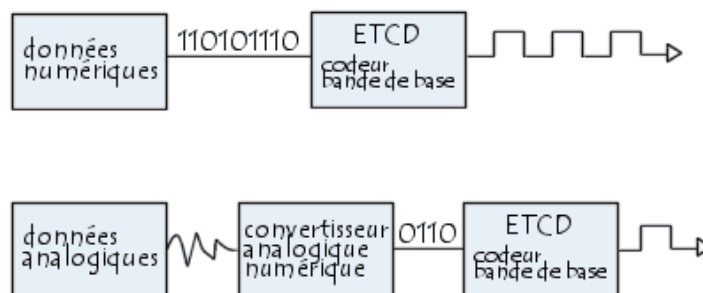
c) La transmission numérique de données

La transmission numérique consiste à faire transiter les informations sur le support physique de communication sous forme de signaux numériques. Ainsi, des données analogiques devront préalablement être numérisées avant d'être transmises.

Toutefois, les informations numériques ne peuvent pas circuler sous forme de 0 et de 1 directement, il s'agit donc de les coder sous forme d'un signal possédant deux états, par exemple :

- deux niveaux de tension par rapport à la masse
- la différence de tension entre deux fils
- la présence/absence de courant dans un fil
- ...

Cette transformation de l'information binaire sous forme d'un signal à deux états est réalisée par l'ETCD, appelé aussi *codeur bande de base*, d'où l'appellation de *transmission en bande de base* pour désigner la transmission numérique ...



1) Le codage des signaux

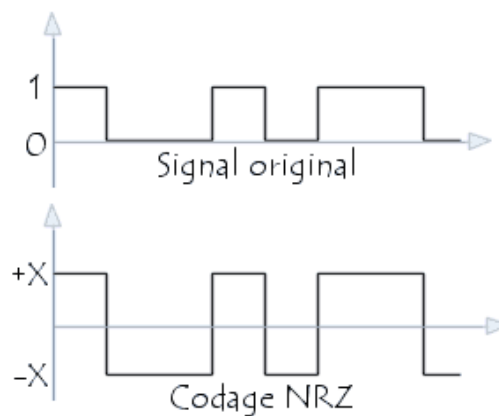
Pour que la transmission soit optimale, il est nécessaire que le signal soit codé de façon à faciliter sa transmission sur le support physique. Il existe pour cela différents systèmes de codage pouvant se classer en deux catégories :

- **Le codage à deux niveaux** : le signal peut prendre uniquement une valeur strictement négative ou strictement positive ($-X$ ou $+X$, X représentant une valeur de la grandeur physique permettant de transporter le signal)
- **Le codage à trois niveaux** : le signal peut prendre une valeur strictement négative, nulle ou strictement positive ($-X$, 0 ou $+X$)

2) Les systèmes de codage

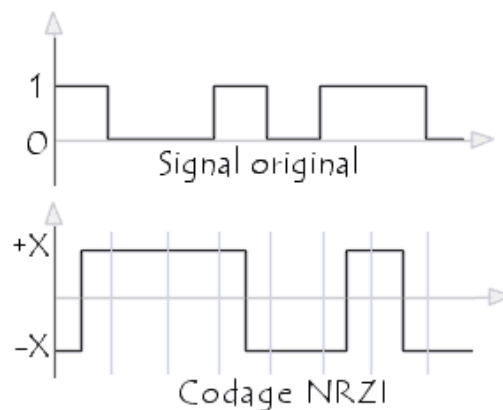
- **Le codage NRZ**

Le codage NRZ (signifiant *No Return to Zero*, soit *Non Retour à Zéro*) est le premier système de codage, car le plus simple. Il consiste tout simplement à transformer les 0 en $-X$ et les 1 en $+X$, de cette façon on a un codage bipolaire dans lequel le signal n'est jamais nul. Par conséquent, le récepteur peut déterminer la présence ou non d'un signal.



- **Le codage NRZI**

Le codage NRZI est sensiblement différent du codage NRZ. Avec ce codage, lorsque le bit est à 1, le signal change d'état après le top de l'horloge. Lorsque le bit est à 0, le signal ne subit aucun changement d'état.



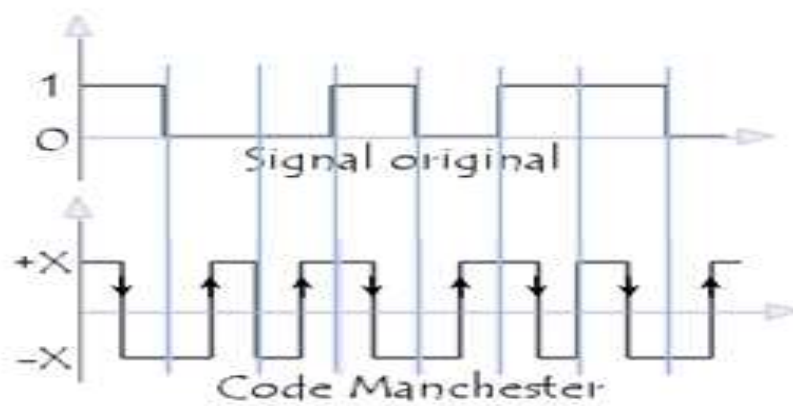
Le codage NRZI possède de nombreux avantages, dont :

- La détection de la présence ou non du signal
- La nécessité d'un faible courant de transmission du signal

Par contre, il possède un défaut : la présence d'un courant continu lors d'une suite de zéro, gênant la synchronisation entre émetteur et récepteur.

- **Le codage Manchester**

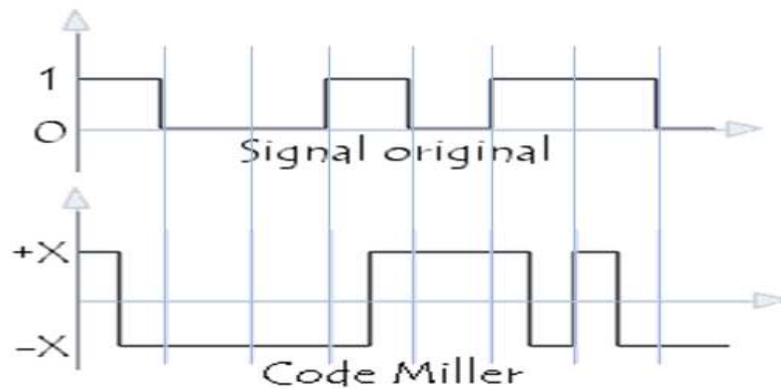
Le codage Manchester, également appelé *codage biphasé* ou *PE* (pour *Phase Encode*), introduit une transition au milieu de chaque intervalle. Il consiste en fait à faire un OU exclusif (XOR) entre le signal et le signal d'horloge, ce qui se traduit par un front montant lorsque le bit est à zéro, un front descendant dans le cas contraire.



Le codage Manchester possède de nombreux avantages, dont :

- le non passage par zéro, rendant possible par le récepteur la détection d'un signal
- un spectre occupant une large bande
- **Le codage Delay Mode**

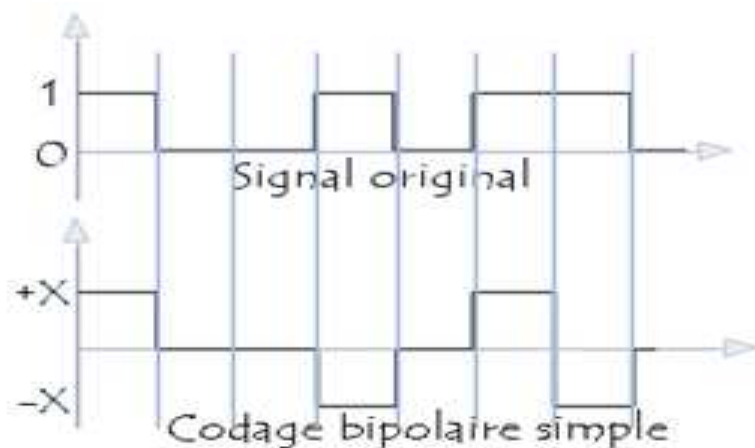
Le codage *Delay Mode*, aussi appelé *code de Miller*, est proche du codage de Manchester, à la différence près qu'une transition apparaît au milieu de l'intervalle uniquement lorsque le bit est à 1, cela permet de plus grands débits...



- **Le codage bipolaire simple**

Le codage bipolaire simple est un codage sur trois niveaux. Il propose donc trois états de la grandeur transportée sur le support physique :

- La valeur 0 lorsque le bit est à 0
- Alternativement X et -X lorsque le bit est à 1



7) La modulation

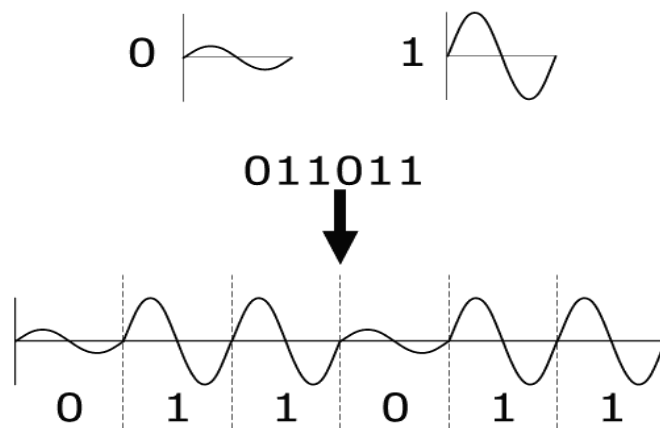
Comme nous l'avons vu, un modem est capable de transformer des données numériques en signaux analogiques et inversement.

Imaginons que nous voulions transmettre les bits 011011.

Il y a plusieurs façons de moduler le signal pour représenter les 0 et 1.

a) La modulation d'amplitude

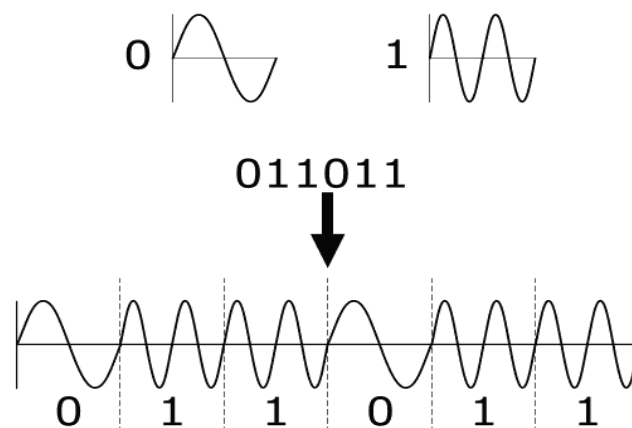
AM (Amplitude Modulation)



Comme on peut le voir, la représentation du 0 est différente de celle du 1. On obtient cette différence grâce à un changement de l'amplitude (de la force) du signal.

b) La modulation de fréquence

FSK (Frequency Shift Keying)

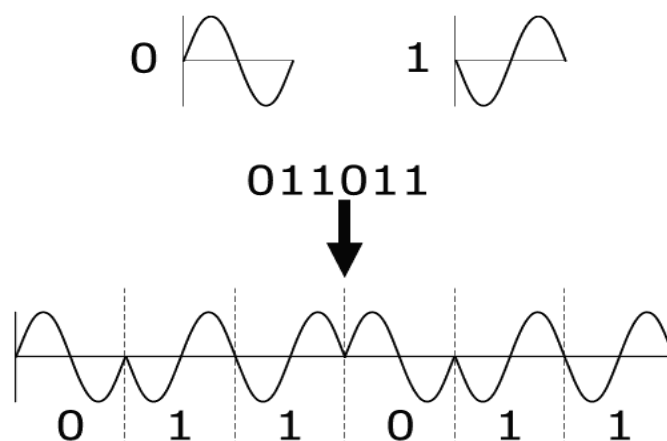


Dans ce cas – ci, la méthode employée pour différencier le 0 du 1 est tout simplement un changement de la fréquence du signal.

c) La modulation de phase

PSK (Phase

Shift Keying)



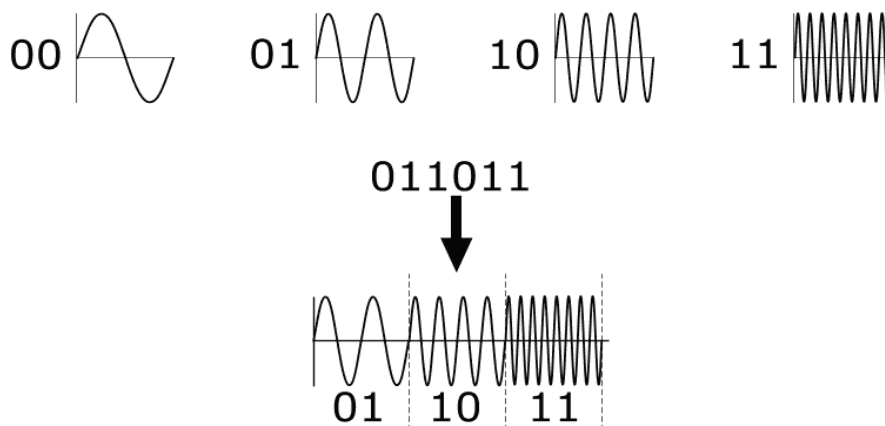
Et enfin, pour cette méthode nous décalons tout simplement le signal dans le temps.

d) Autres modulations

Il existe certaines « astuces » qui permettent de gagner en performance.

➤ La modulation de fréquence à 4 états

Pour la modulation de fréquence, nous avons utilisé seulement 2 fréquences différentes pour coder 0 et 1. On aurait pu utiliser 4 fréquences différentes pour coder 00, 01, 10 et 11.



Pour transmettre nos 6 bits, il nous a fallu 2 fois moins de temps qu'avec la modulation de fréquence précédente.

On peut également appliquer cette méthode à la modulation d'amplitude et de phase.

Ci-dessus, nous avons donc utilisé 4 fréquences différentes pour coder 00, 01, 10 et 11.

On dit que la modulation est **quadrivalente**.

Au début, on avait utilisé seulement 2 fréquences : c'était une modulation **bivalente**.

La valence est le nombre d'états différents que peut avoir un signal à un instant donné. Ces différents états peuvent être représentés par des fréquences différentes, des amplitudes différentes ou des phases différentes.

En 1 seconde, on peut donc moduler plusieurs états. Le nombre d'état différents par

seconde s'appelle **baud**.

1 baud = 1 état de valence par seconde -> 9600 bauds = 9600 états de valence par seconde.

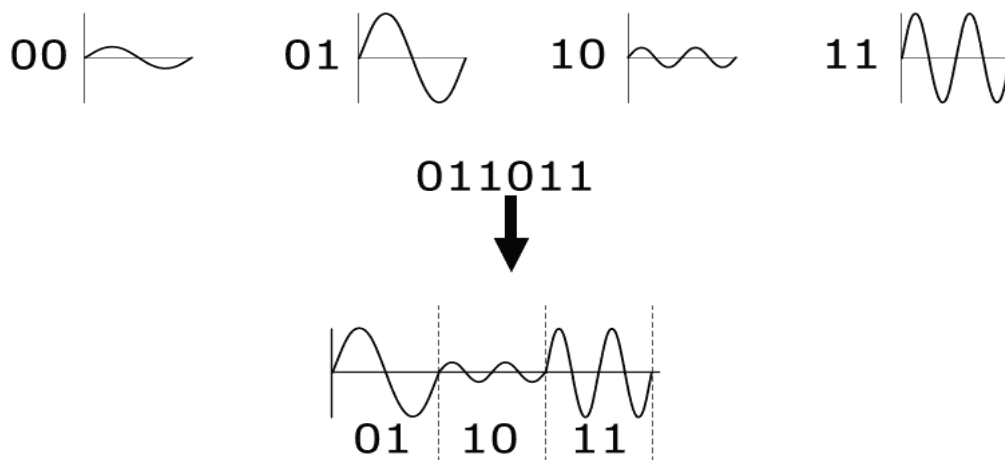
Les bauds ne sont donc pas forcément égaux aux bits/seconde !

Dans notre exemple ci dessus, si nous faisons nos 3 modulations en 1 seconde, nous sommes à 3 bauds.

Mais en 3 modulations, nous avons transmis 6 bits : nous sommes à 6 bits/seconde.

➤ La modulation de fréquence et d'amplitude

Il est possible de faire à la fois des modulations d'amplitude et de fréquence.

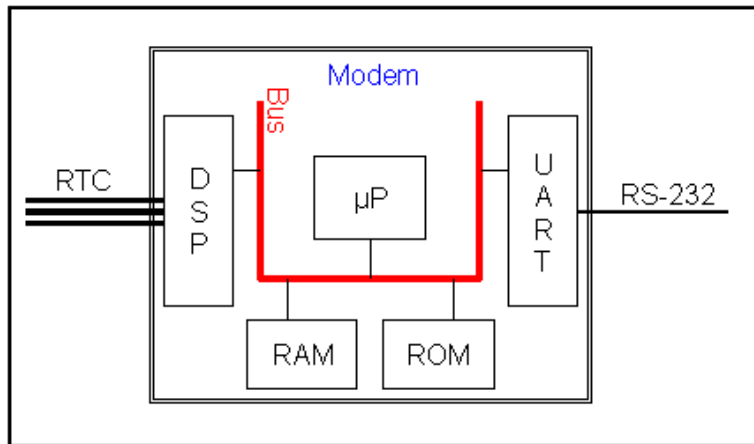


Comme on peut le voir, la modulation utilisée pour coder 00 et 01 est une modulation d'amplitude.

Par contre, pour coder 10 et 11, c'est une modulation de fréquence qui a été utilisée.

De 00 à 11, c'est une modulation de fréquence **et** d'amplitude qui est donc employée.

8) Structure hardware du modem



Architecture d'un modem

a) L'UART (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter)

L'UART est un circuit électronique qui effectue principalement les conversions série/parallèle et parallèle/série entre la RS-232 (série) et le bus (parallèle).

b) Le microprocesseur

Il effectue tout le traitement lié au *protocole* : il contrôle la liaison RS-232 au travers de l'UART et la liaison RTC au travers du DSP. Il effectue la compression / décompression des données. Il traite l'empaquetage / déempaquetage des blocs. Il effectue des contrôles d'erreurs et retransmet éventuellement les paquets mal reçus. Il gère le contrôle de flux sur les liaisons. De plus, son comportement est programmable et il est capable de répondre à un certain nombre de commandes.

c) La RAM (Random Access Memory)

Elle stocke les données temporaires, dont les principales sont les blocs en cours de transmission, de compression, ou d'empaquetage et les variables de fonctionnement du modem.

d) La ROM (Read Only Memory)

Elle contient les programmes et les données fixes (celles inhérentes aux protocoles normalisés). Elle est de plus en plus remplacée par une EPROM (*Erasable Programmable Read-Only Memory*), puis par une EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*), plus coûteuse, mais réinscriptible, afin de pouvoir mettre à jour les modems avec de nouveaux protocoles postérieurs à la conception du modem.

e) Le DSP (Digital Signal Processor)

Le DSP est un composant dont la fonction première est la transformation numérique ↔ analogique pour adapter le signal numérique au RTC. Il existe plusieurs moyens de réaliser cette transformation.

f) Les interfaces d'entrée/sortie

- **Internes**

- ISA (Industry Standard Architecture)

Le bus ISA était au départ un bus 8 bits mais avec l'apparition du PC AT, la largeur du bus est passée à 16 bits.

Le bus ISA permettait le bus mastering c'est-à-dire qu'il permettait de communiquer directement avec les autres périphériques sans passer par le processeur.

Une carte 8 bits peut s'insérer dans un bus ISA 16 bits.

Jusqu'à la fin des années 1990 le bus ISA équipait la quasi-totalité des ordinateurs, mais il a été progressivement remplacé par le bus PCI, plus rapide et Plug & Play



Un connecteur ISA 8 bits



Un connecteur ISA 16 bits

- PCI (Peripheral Component Interconnect)

Ce bus est utilisé au détriment du bus ISA.

Sa bande passante est de 132 MB/s, soit 78 fois supérieure à celle du bus ISA.

L'interface PCI existe en 32 bits, avec un connecteur de 124 broches, ou en 64 bits, avec un connecteur de 188 broches.

Il existe deux niveaux de signalisation :

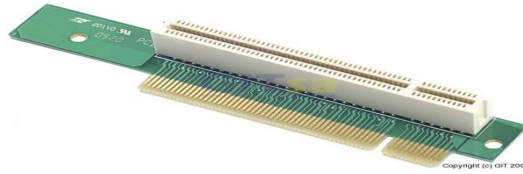
- 3,3V pour les ordinateurs portables
- 5V pour les ordinateurs de bureau.

La **tension de signalisation** ne correspond pas à la tension d'alimentation mais aux seuils de tension pour le codage numérique de l'information.

Il existe 2 types de connecteurs 32 bits :

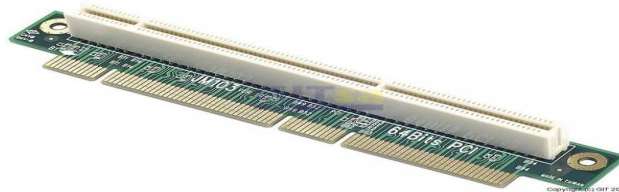


Connecteur PCI 32 bits (3,3 V)



Connecteur PCI 32 bits (5 V)

Il existe 2 types de connecteurs 64 bits :



Connecteur PCI 64 bits (3,3 V)



Connecteur PCI 64 bits (5 V)

▪ AMR (Audio

Modem Riser).

Petit slot d'extension destiné à d'extension supportant un

brancher de petites cartes modem ou une carte audio.



Un connecteur AMR (au-dessus)
Un connecteur PCI (en-dessous)



- CNR (Communications and Networking Riser)

Il s'agit en quelque sorte d'un bus AMR nouvelle génération.

Il supporte les technologies actuelles comme l'Ethernet et les modems numériques.

Un connecteur CNR

- Externes

- Série

Les ports série (également appelés RS-232, nom de la norme à laquelle ils font référence) représentent les premières interfaces ayant permis aux ordinateurs d'échanger des informations avec le "monde extérieur". Le terme série désigne un envoi de données via un fil unique : les bits sont envoyés les uns à la suite des autres (voir la partie « liaison série » dans «transmission série et parallèle»)/

A l'origine, les ports série permettaient uniquement d'envoyer des données, mais pas d'en recevoir, c'est pourquoi des ports bidirectionnels ont été mis au point (ceux qui équipent les ordinateurs actuels le sont). Les ports séries bidirectionnels ont donc besoin de deux fils pour effectuer la communication.

Les ports série sont généralement intégrés à la carte mère, c'est pourquoi des connecteurs présents à l'arrière du boîtier, et reliés à la carte mère par une nappe de fils, permettent de connecter un élément extérieur



Un port série 9 broches



Un port série 25 broches

▪ Parallèle

La transmission de données en parallèle consiste à envoyer des données simultanément sur plusieurs canaux (fils). Les ports parallèles présents sur les ordinateurs personnels permettent d'envoyer simultanément 8 bits (un octet) par l'intermédiaire de 8 fils (voir la partie «liaison parallèle» dans «transmission série et parallèle»).

Les premiers ports parallèles bidirectionnels permettaient d'atteindre des débits de l'ordre de 2.4Mb/s. Toutefois des ports parallèles améliorés ont été mis au point afin d'obtenir des débits plus élevés :

- **Le port EPP** (Enhanced Parallel Port, port parallèle amélioré) a permis d'atteindre des débits de l'ordre de 8 à 16 Mbps
- **Le port ECP** (Enhanced Capabilities Port, port à capacités améliorées), mis au point par Hewlett Packard et Microsoft. Il reprend les caractéristiques du port EPP en lui ajoutant un support Plug and Play, c'est-à-dire la possibilité pour l'ordinateur de reconnaître les périphériques branchés

Les ports parallèles sont, comme les ports série, intégrés à la carte mère



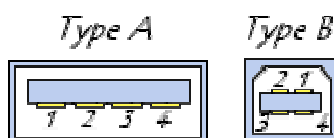
- USB

Le bus USB (*Universal Serial Bus*, en français *Bus série universel*) est, comme son nom l'indique, basé sur une architecture de type série. Il s'agit toutefois d'une interface entrée-sortie beaucoup plus rapide que les ports série standards. L'architecture qui a été retenue pour ce type de port est en série pour deux raisons principales :

- l'architecture série permet d'utiliser une cadence d'horloge beaucoup plus élevée qu'une interface parallèle, car celle-ci ne supporte pas des fréquences trop élevées (dans une architecture à haut débit, les bits circulant sur chaque fil arrivent avec des décalages, provoquant des erreurs) ;
- les câbles série coûtent beaucoup moins cher que les câbles parallèles

Il existe deux types de connecteurs USB :

- Les connecteurs dits de **type A**, dont la forme est rectangulaire et servant généralement pour des périphériques peu gourmands en bande passante (clavier, souris, webcam, etc.) ;
- Les connecteurs dits de **type B**, dont la forme est carrée et utilisés principalement pour des périphériques à haut débit (disques durs externes, etc.).



1. Alimentation +5V (*VBUS*) 100mA maximum
2. Données (*D-*)
3. Données (*D+*)
4. Masse (*GND*)

9) Conclusion

Comme vous avez pu le voir, beaucoup de facteurs peuvent vous influencer dans le choix de votre modem (sa norme, son type, ses fonctionnalités, sa marque, ses interfaces, ...). Cependant, le routeur fait de plus en plus son apparition dans les habitations, comme toutes les nouvelles technologies sans fil d'ailleurs. Il remplace petit à petit le modem.

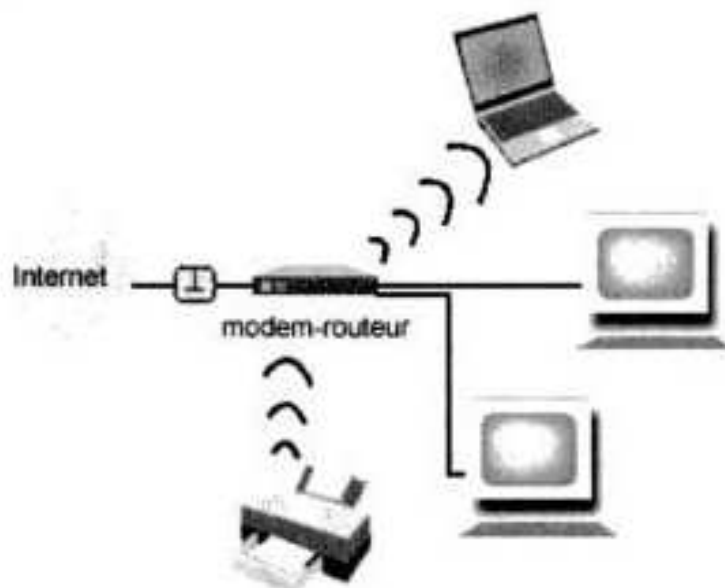
- L'avenir du modem

Le modem en lui-même n'a pas tellement d'avenir car comme je l'ai mentionné ci-dessus, le routeur est de plus en plus présent.

L'avenir nous apportera certainement un développement au niveau du modem – routeur.

Le modem – routeur cumule les fonctions d'un modem et les fonctions d'un routeur (capable d'aiguiller les données à travers un réseau).

Il permet le partage de la connexion Internet entre plusieurs ordinateurs et il est caractérisé par le nombre de



connecteurs physiques USB et Ethernet qu'il propose. Il peut également permettre une connexion sans fil (le WIFI).

Les différents éléments du réseau se raccordent avec ou sans fil au modem – routeur.

Le modem – routeur est commercialisé aux environs de 100 euros et peut être utilisé avec tous les fournisseurs d'accès à Internet.

10) Webographie

<http://www.mon-ordi.com/caramod.htm>

<http://www.vulgarisation-informatique.com/modem.php>

<http://royale.zerezo.com/talk/Mia09/Modem.html>

<http://www.ybet.be/hard1ch12/modem.htm>

<http://www.commentcamarche.net/technologies/adsl.php3>

<http://www.materiel-informatique.be/cnr.php>

http://users.skynet.be/ybet/hard1ch12/hard1_ch12.htm

<http://www.commentcamarche.net/pc/pcmcia-pc-card.php3>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Peripheral_Component_Interconnect

http://www.waterwheel.com/Guides/how_to/modem/modems.htm

<http://www.commentcamarche.net/transmission/transintro.php3>

<http://www.commentcamarche.net/transmission/transnum.php3>

<http://inventors.about.com/gi/dynamic/offsite.htm?site=http://www.dementia.org/%7Ejuli%20ed/tele2100/intro.html>
<http://www.commentcamarche.net/technologies/modem.php3>
http://www.futura-sciences.com/fr/comprendre/glossaire/definition/t/high-tech-1/d/modulation_1254/
<http://www.xena.ad/lcf/modem/modem.htm>
<http://www.commentcamarche.net/pc/modem.php3>
<http://www.4p8.com/eric.brasseur/modems.html>
<http://www.cheap-computers-reference.com/different-types-of-computer-modem.html>
<http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=3900>
http://www.locoche.net/transmission_donnees.php
<http://pagesperso-orange.fr/f1my/bincod.htm>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Codage_NRZ
<http://fr.wikipedia.org/wiki/NRZI>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Codage_Manchester
http://fr.wikipedia.org/wiki/Codage_Miller
http://fr.wikipedia.org/wiki/Codage_Bipolaire
<http://www.commentcamarche.net/pc/pci.php3>
<http://www.zapilou.net/index.php?typ=3&key=029>
<http://student.dcu.ie/~copains/fr489a/cartes.html>
<http://hautrive.free.fr/reseaux/supports/modems.html>
<http://www.gralon.net/articles/internet-et-webmaster/adsl/article-modem---presentation-et-fonctionnement-1408.htm>
<http://www.hotline-pc.org/modem.htm>
http://sebsauvage.net/comprendre/provider/provider_modem.html
<http://membres.lycos.fr/expansivepc/Achat/Guide/modem.htm>

Sabre est un système de réservation informatique ou "Global Distribution System" (GDS) pour le transport ferroviaire et aérien de passagers, ainsi que pour l'hôtellerie et les autres prestations de tourisme.

Nappe : Câble plat et large regroupant un ensemble de fils électriques. Il se connecte, par l'intermédiaire d'une prise, à l'arrière des disques durs, des lecteurs de CD-Rom et des lecteurs de disquettes.

La **bande passante** (en anglais *bandwidth*) d'une voie de transmission est l'intervalle de fréquence sur lequel le signal ne subit pas un affaiblissement supérieur à une certaine valeur (généralement 3 dB, car 3 décibels correspondent à un affaiblissement du signal de 50%), on a donc :

