

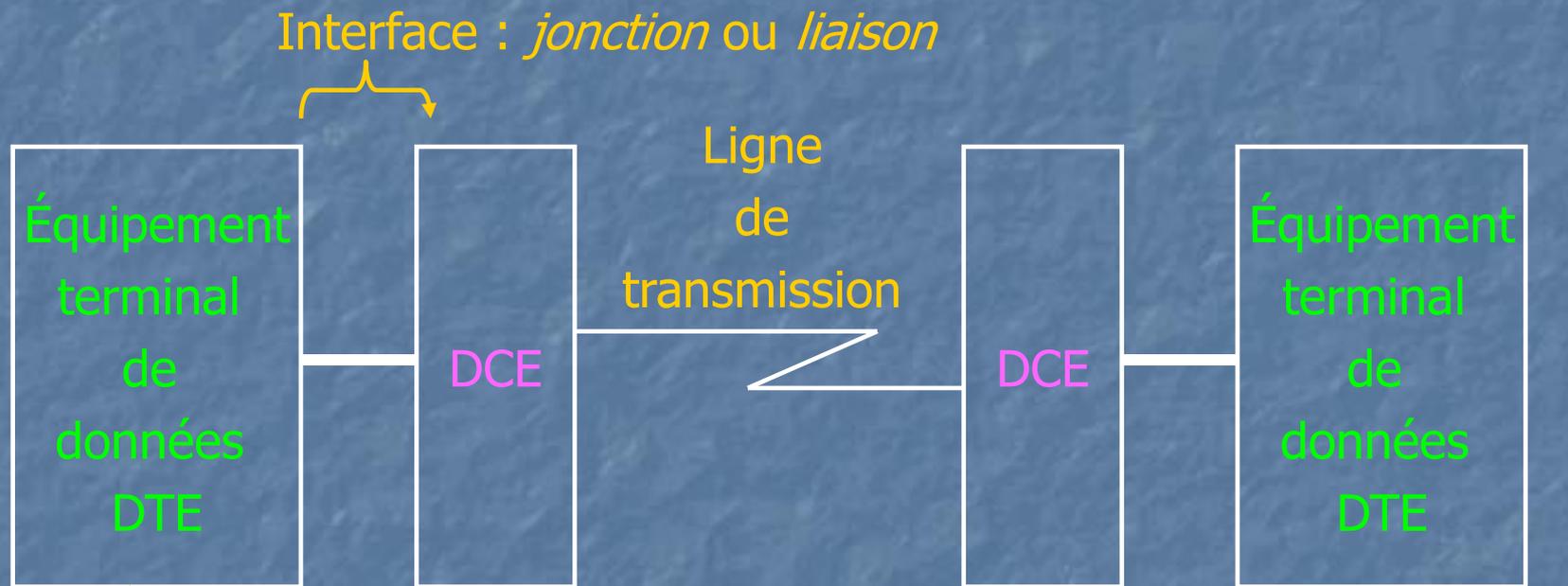
Chapitre III
MODEMS et INTERFACES

1. SCHÉMA DE LA CHAÎNE TÉLÉINFORMATIQUE
2. MODEM
 - A. Généralités - Définitions
 - B. Transmission par modulation
 - C. Particularités des Modems
3. INTERFACES DES MODEMS
 - A. Étude de la jonction
 - B. Interface V24/EIA-232-F
 - C. Spécification mécanique
 - D. Nomenclature des circuits
 - E. Rôle des circuits
 - F. *Commande d'un ETCD*
 - G. *Établissement d'une liaison entre deux systèmes*
 - H. Maintenance d'une liaison

1. SCHÉMA DE LA CHAÎNE TÉLÉINFORMATIQUE

La figure ci-après schématise le cas simple d'une liaison dite point à point où la transmission s'effectue entre un terminal source et un terminal collecteur.

- D'une manière générale :



Ou ECTD : modem, adaptateur, concentrateur...

Ou ETTD : tout équipement non directement connecté à la ligne de transmission

ÉQUIPEMENT TERMINAL DE TRAITEMENT DE

DONNÉES: L'ETTD est l'unité fonctionnelle d'une station de données pouvant être utilisée comme source ou collecteur et assurant le contrôle ou transfert d'informations selon la procédure de liaison.

L'ETTD est également appelé TERMINAL ou DTE (Data Terminal Equipment).

B. ÉQUIPEMENT DE TERMINAISON DE CIRCUIT DE DONNÉES

L'ETCD est l'unité fonctionnelle qui assure les fonctions nécessaires pour adapter le signal émis sous forme d'états binaires par l'ETTD, aux caractéristiques du support de transmission et inversement.

L'ETCD est également appelé DCE (Data Circuit terminating Equipment).

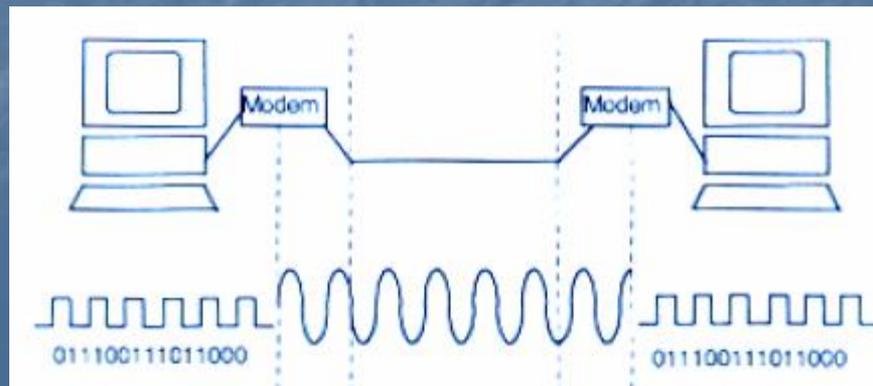
Le convertisseur en bande de base (Équipement non normalisé)

Appelé aussi "modem bande de base", le convertisseur de signaux en bande de base est utilisé pour des liaisons spécialisées, courte distance, à continuité physique pour lesquelles une transmission en bande de base (Sans transposition de fréquence) est possible (Transcodage). Le signal émis sur la ligne est donc aussi numérique.

Le modulateur - démodulateur (MODEM) :

Le modem convertit le signal numérique issu de l'ETTD en un signal analogique (et inversement). Cette conversion est réalisée en modifiant les caractéristiques d'un signal sinusoïdal appelé "porteuse", selon les états binaires qui lui sont fournis.

Cette opération appelée modulation, porte sur un ou plusieurs des paramètres du signal sinusoïdal (Amplitude, fréquence ou phase).



A. GENERALITES – DEFINITIONS

MODEM = MOdulateur – DEModulateur

Le rôle d'un modem est d'adapter le signal d'un message au support de transmission utilisé.

Le modem peut se présenter sous la forme d'une simple carte PCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association) enfichée dans l'ordinateur, d'une carte interne ou d'un boîtier. Le modem assure également dans la plupart des cas une éventuelle compression, l'encryptage et le contrôle des erreurs. Ces modems sont normalisés par des avis de l'UIT.

Le bruit

- **Bruit blanc:** provoqué par l'agitation thermique, son spectre est plat.
- **Bruit impulsionnel:** provoqué par des événements extérieurs (couplages électromagnétiques, orages...). Il est source d'erreurs imprévisibles.
- **diaphonie** (couplage inductif)
- **rapport signal sur bruit:** caractérise la qualité de la ligne en décibels,

$$S/B_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{puissance signal}}{\text{puissance bruit}} \right)$$

Rapidité de modulation

La rapidité de modulation est le nombre d'états significatifs par seconde.

$R = 1/\Delta$ en Bauds (Δ = durée d'un état).

Théorème de Nyquist

Nyquist à démontré (en 1924) que :

$$R_{\max} = 2 W \text{ (bauds)}$$

W = Bande passante du support.

Exemple: sur RTC la bande est comprise entre 300Hz et 3400Hz donc $W=3100\text{Hz}$ d'où $R_{\max} = 6200$ Bauds.

Débit (vitesse de transfert)

Le débit en ligne s'exprime en bits par seconde (bit/s), c'est la seule grandeur qui intéresse l'utilisateur.

$$D = R \log_2 V$$

V = Valence du signal (nombre d'états de modulation)

Exemple: modulation de phase à 8 états (2^3) à 1600 Bauds, on obtient $D = 1600 \times 3 = 4800$ bit/s

Théorème de Shannon

Shannon à démontré (en 1948) que le débit maximum dépend du rapport signal/bruit :

$$D_{\max} = W \log_2 (1 + S/B) \text{ (bit/s)}$$

Exemple: si $S/B = 33\text{dB}$ (bruit de quantification sur RTC), $S/B = 10^{33/10} = 1995$, $\log_2 x = \log x / \log 2$ d'où $D_{\max} = 3100 \times 10,96 = 33976$ bit/s.

2. MODEM

B. Transmission par modulation

La modulation peut être :

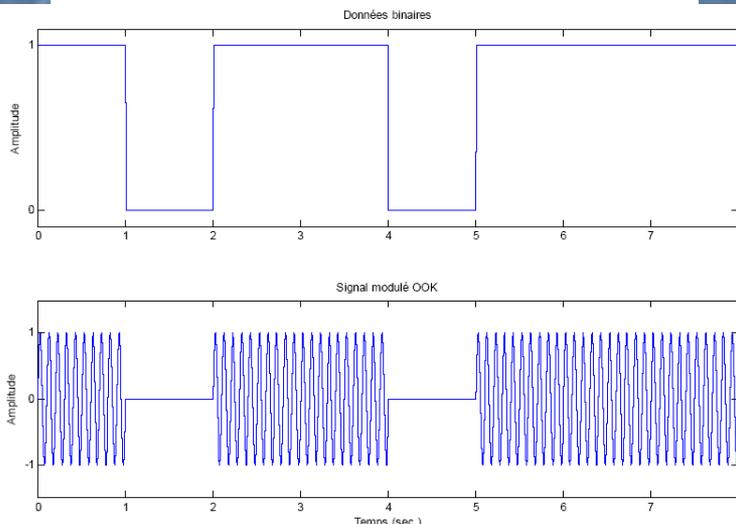
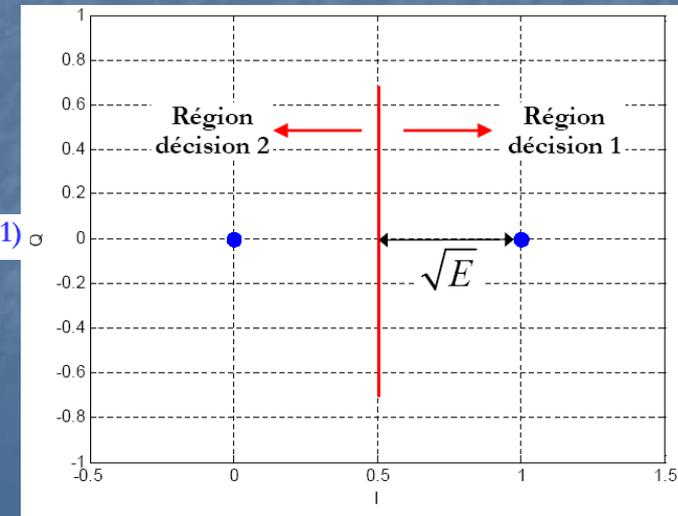
- Une modulation d'amplitude (AM)
- Une modulation de phase (PSK : Phase Shift Keying) ou une modulation de phase différentielle (DPSK)
- Une modulation de fréquence (FSK)
- Ou une combinaison de ces modes (ex. QAM16)

La modulation d'amplitude (MDA ou ASK) :

- * MDA / ASK : Modulation par Déplacement d'Amplitude / Amplitude Shift Keying.
- * l'amplitude de la porteuse sinusoïdale varie avec les 0 et les 1 du signal numérique.
- * la phase et la fréquence de la porteuse restent fixes.

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E_i}{T}} \cos(2\pi f_c t + \varphi), \quad \begin{cases} 0 \leq t \leq T \\ i = 1, \dots, M \end{cases}$$

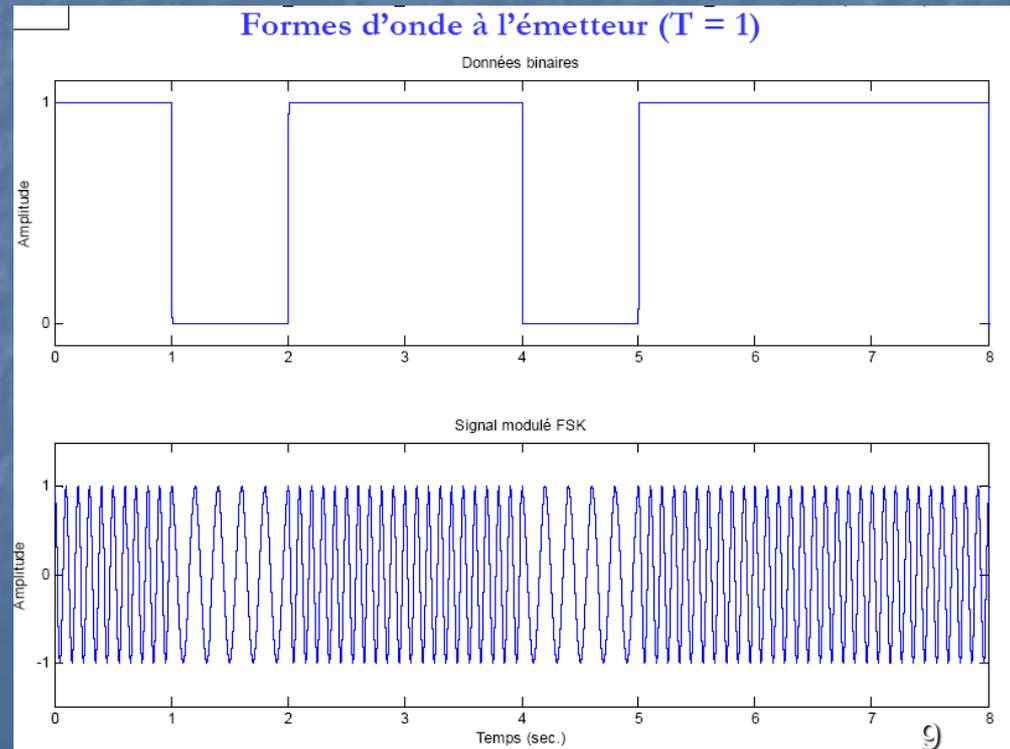
Formes d'onde à l'émetteur (OOK)

Constellation OOK ($E = 1$)

Modulation par déplacement de fréquence (FSK)

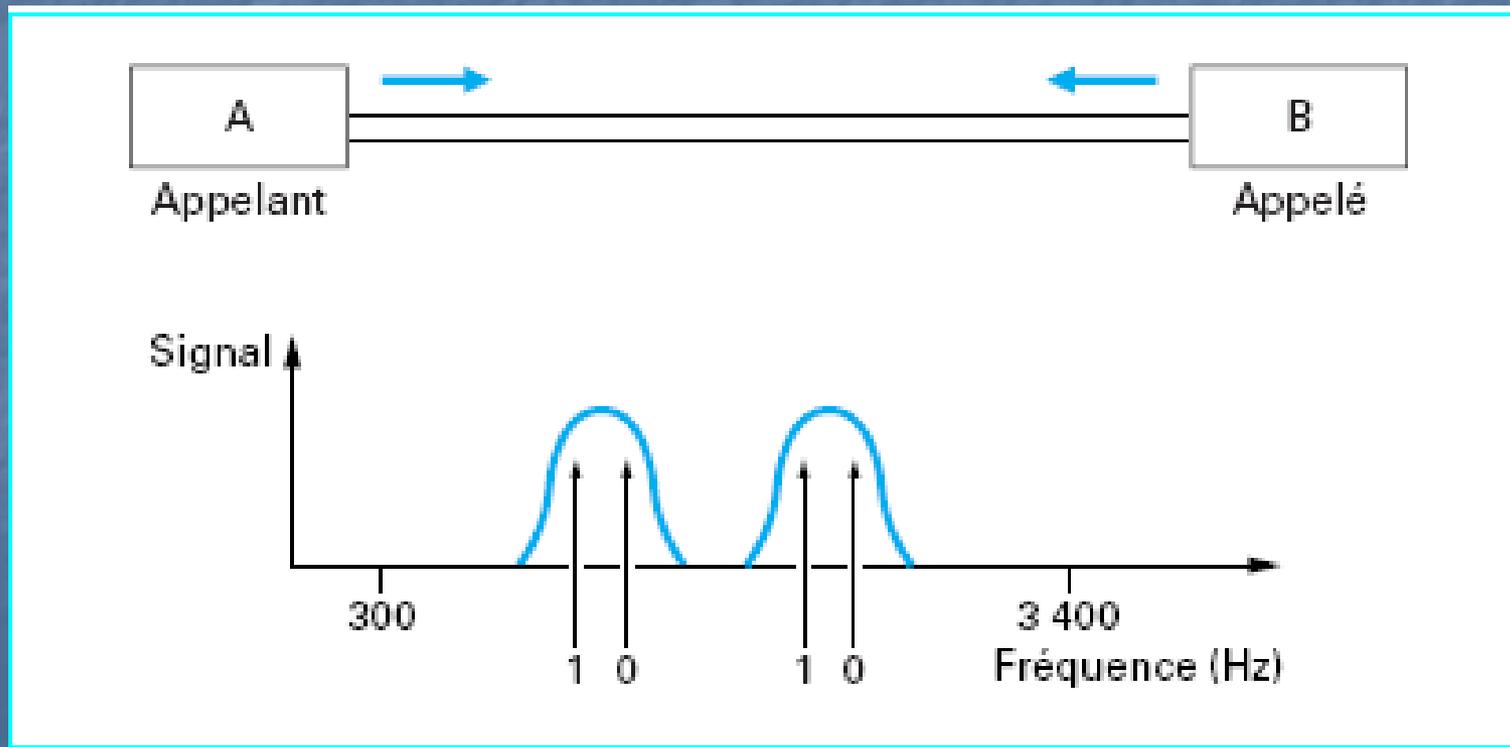
- * MDF / FSK : Modulation par Déplacement de Fréquence / Frequency Shift Keying.
- * la fréquence de la porteuse sinusoïdale varie en fonction des 0 et des 1 du signal numérique.
- * l'amplitude et la phase de la porteuse restent fixes,
- * Peu sensible aux bruits.

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos(2\pi f_i t + \varphi), \quad \begin{cases} 0 \leq t \leq T \\ i = 1, \dots, M \end{cases}$$



Recommandation V.21 (1964 et 1988)

V.21 décrit un modem asynchrone à modulation de fréquence à 300 bit/s. Une fréquence représente un 0 et une autre représente un 1, cela dans chacun des sens de transmission, l'exploitation étant de type Full duplex. Comme il n'y a que deux niveaux de valence, la rapidité de modulation en bauds est égale au débit binaire en bit/s. Les modems V.21 utilisent les couples de fréquences à 980 et 1 180 Hz pour les demandes et 1 650 et 1 850 Hz pour les réponses.

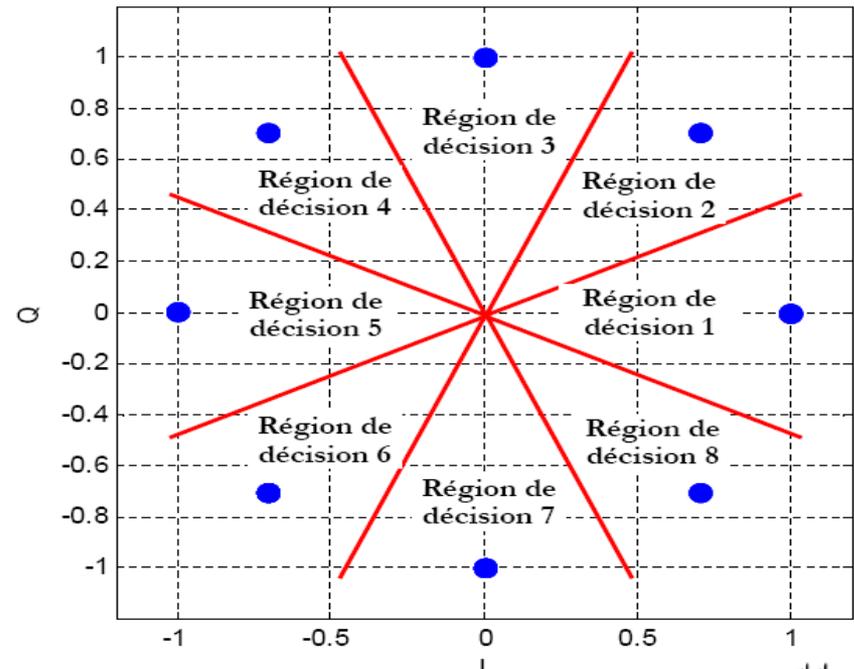


La modulation de Phase (MDP ou PSK)

- * MDP / PSK : Modulation par Déplacement de Phase / Phase Shift Keying.
- * La phase de la porteuse sinusoïdale varie avec les 1 et les 0 du signal numérique.
- * l'amplitude et la fréquence de la porteuse restent fixes,
- * principe de modulation le plus employé car technique simple,
- * les états des phases sont répartis régulièrement sur l'intervalle $[0 ; 2\pi]$
- * Possibilité de représenter plusieurs bits simultanément : 2, 4 ou 8 phases en pratique.

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos\left(2\pi f_c t - \frac{2\pi i}{M}\right), \quad \begin{cases} 0 \leq t \leq T \\ i = 1, \dots, M \end{cases}$$

Constellation 8-PSK (E = 1)



Recommandation V.22 (1980 et 1988)

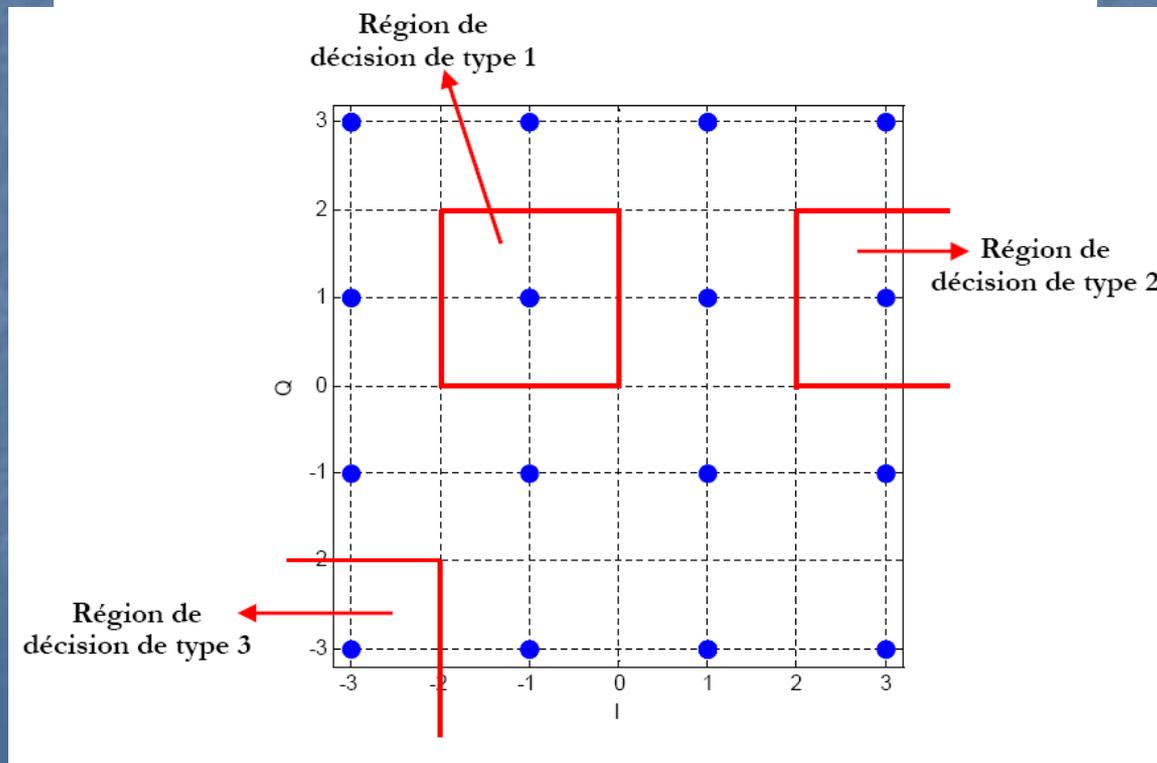
C'est un modem à 1 200 ou 600 bit/s de type full duplex qui utilise la modulation de phase différentielle à 4 états et est exploitable en mode asynchrone ou synchrone . La bande passante permet le fonctionnement en full duplex, comme pour V.21, par la définition d'une bande basse centrée sur 1 200 Hz pour l'émission du modem appelant, et une bande haute centrée sur 2 400 Hz pour l'émission du sens appelé. En option, le modem V.22 utilise un convertisseur de signaux asynchrones/synchrones.

V.22	Exploitation	Débit binaire	Modulation	Changement de phase		Bits (600 bit/s)	Dibits (1 200 bit/s)
				Modes 1 à 4	Mode 5		
Mode 1	Synchrone	1 200 bit/s	Phase différentielle	90°	270°	0	0 0
Mode 2	Asynchrone	1 200 bit/s	Phase différentielle	0°	180°	–	0 1
Mode 3	Synchrone	600 bit/s	Phase à 2 états	270°	90°	1	1 1
Mode 4	Asynchrone	600 bit/s	Phase à 2 états	180°	0°	–	1 0
Mode 5	Asynchrone	1 200 bit/s	Phase différentielle				

Modulation en quadrature (M-QAM)

- * Combine à la fois la modulation de phase et la modulation d'amplitude,
- * choix d'une phase parmi P et d'une amplitude parmi Q : (P.Q) états possibles,
- * Codage sur n bits qui modulent en amplitude la porteuse et la porteuse déphasée de 90 degrés,

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} [A_i \cos(2\pi f_c t) - B_i \sin(2\pi f_c t)], \quad \begin{cases} 0 \leq t \leq T \\ i = 1, \dots, M \end{cases}$$



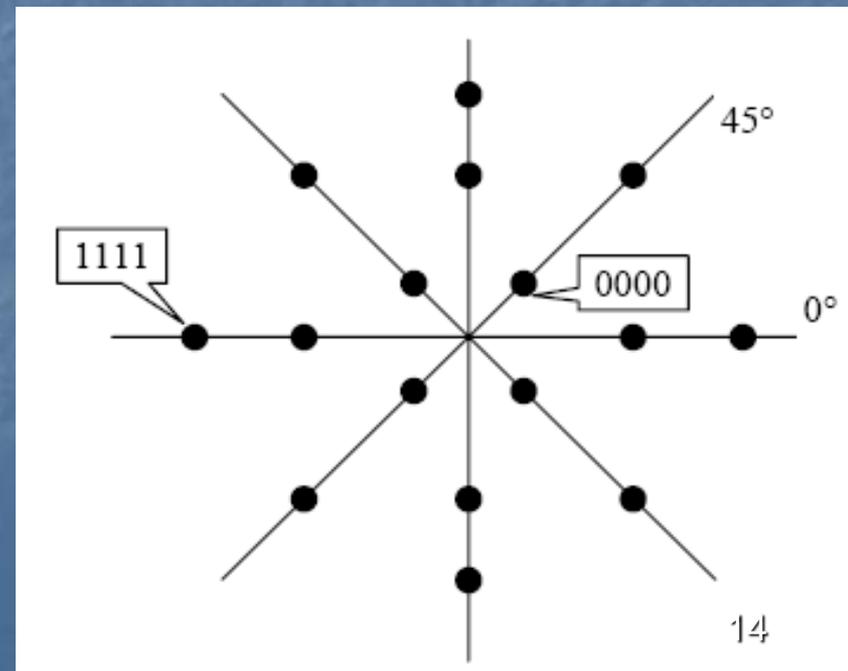
Recommandation V.29 (1976 et 1988)

La modulation V29 permet, une transmission à 9600 bit/s (2400 bauds, porteuse 1700 Hz). Elle est de type MAQ16 et une égalisation autoadaptative à été prévue.

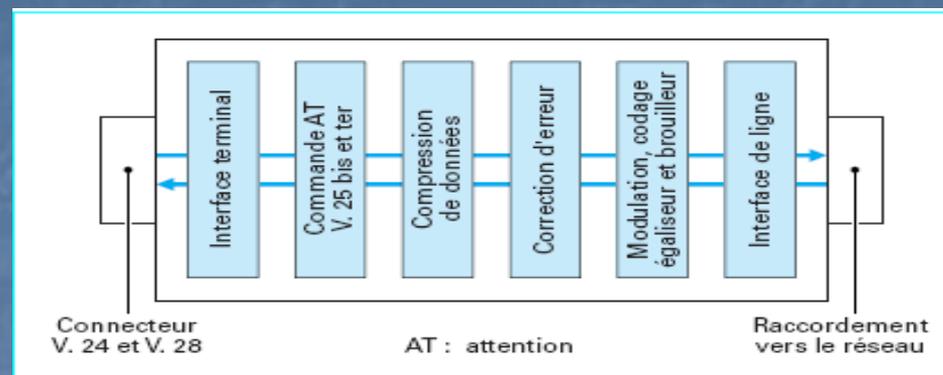
Les données sont transmises par paquet de 4 bits, le bit Q1 détermine l'amplitude et les bits Q2, Q3, Q4 déterminent le changement de phase.

Q1	Amplitude (0,90,180,270°)	Amplitude (45,135,225,315°)
0	3	$\sqrt{2}$
1	5	$3\sqrt{2}$

Q2	Q3	Q4	Changement de phase
0	0	1	0°
0	0	0	45°
0	1	0	90°
0	1	1	135°
1	1	1	180°
1	1	0	225°
1	0	0	270°
1	0	1	315°



C. Particularités des Modems



Brouilleur: a pour rôle de modifier les données pour équi-répartir la distribution des 0 et 1, pour faciliter la récupération du rythme d'horloge. Dans les ETCD full duplex à annulation d'écho, cette technique d'embrouillage facilite le discernement des deux voie.

Exemple :

Brouilleur du V22 (1980): En V22, le polynôme est $1 + x^{14} + x^{17}$

Le polynôme peut être différent selon le canal : Exemple V32, V32.bis

appel = $1 + x^{18} + x^{23}$

réponse = $1 + x^5 + x^{23}$

Egaliseur : Filtre (éventuellement numérique) destiné à inverser la fonction de transfert en fréquence de la ligne, pour corriger les distorsions introduites par la ligne

Compression des données :

Sur les modems, l'option compression des données permet d'augmenter le débit moyen à la jonction. Elle doit être effectuée avant brouillage ou cryptage car une série aléatoire est incompressible.

Techniques de compression: RLE (*Run Length Encoding*), codage de Shannon-fano (1948) et Huffmann.....

Exemple:

V42 bis : La solution la plus efficace (η 75% = 4:1), d'origine IBM + British Telecom. Codage LZW (Lempel-Ziv-Welch), sans effet sur les données déjà compressées.

Le langage de commande:

Hayes (V25ter), autre constructeur américain de modems (Hayes Microcomputer Products), est connu par l'implémentation dans ses modems d'un langage de commande qui est devenu un véritable standard.

Les commandes Hayes commencent toutes par les deux lettres AT (attention) suivies d'une lettre qui indique la commande et, éventuellement, de paramètres.

Exemple:

ATZ Réinitialisation du modem

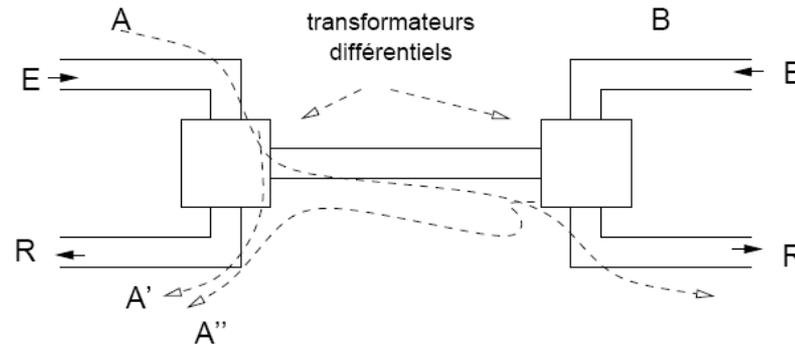
ATD 01 46 35 53 99 signifie « composer le numéro 01 46 35 53 99 »

ATDL Renumérotation du dernier numéro composé

Apparition des échos

passages 4 fils/2 fils par transformateur différentiel

- si système parfait, pas d'échos
- en pratique, écho local A'
- écho distant A''



Annulateur d'écho: Sur les lignes deux fils, il y a passage 2fils/4fils afin de constituer un circuit de transmission amplifiable ou numérisable. Les transformateurs utilisés ne sont pas parfaitement équilibrés et induisent des échos.

En parole, on limite l'effet de ces échos par des "suppresseurs d'échos" qui atténuent tout simplement le canal le plus faible.

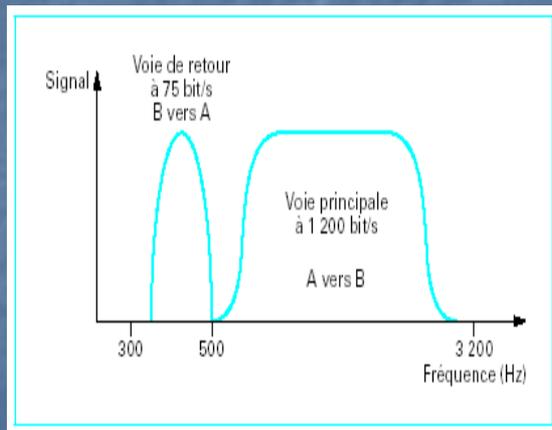
En transmission de données, pour permettre le duplex, ces supresseurs doivent être inhibés (par une fréquence de 2100 Hz en début de connexion).

Transmission en deux ou quatre fils

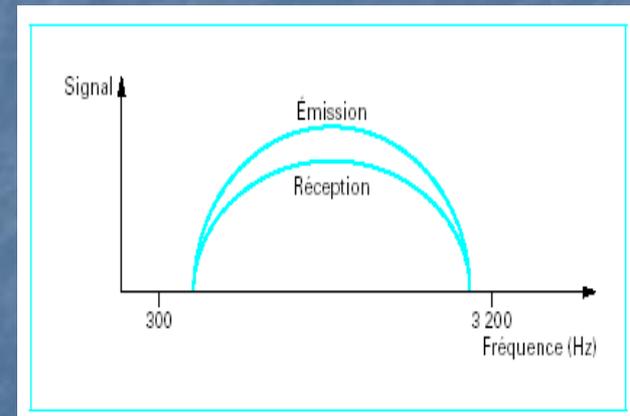
Le modem à quatre fils utilise une paire en émission et une paire en réception. Ce montage, naturellement adapté à l'exploitation en mode duplex, convient aux débits de type synchrone.

Pour permettre la transmission en duplex sur une liaison deux fils, trois techniques peuvent être utilisées :

- le partage de bande, par multiplexage en fréquence
- l'exploitation semi-duplex, avec accès par multiplexage dans le temps
- l'annulation dynamique d'écho qui permet, par superposition, l'émission et la réception simultanées dans la même bande de fréquences



partage de la bande

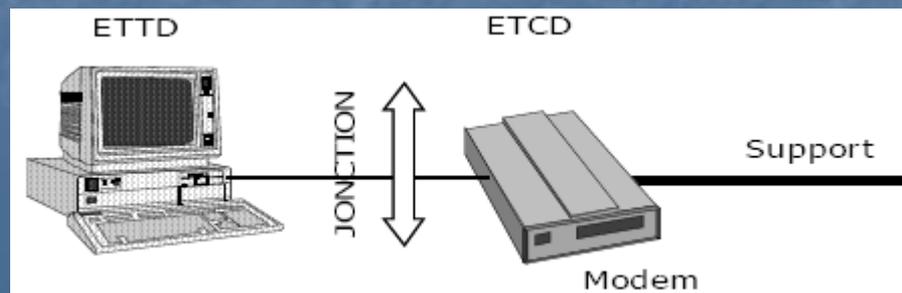


annulation dynamique d'écho

LA JONCTION ETTD-ETCD

La jonction constitue l'interface entre ETCD et ETTD et permet à ce dernier de contrôler le circuit de données (Etablissement et libération, Initialisation de la transmissionetc). La communication entre l'ETTD et l'ETCD se fait habituellement en transmission numérique série.

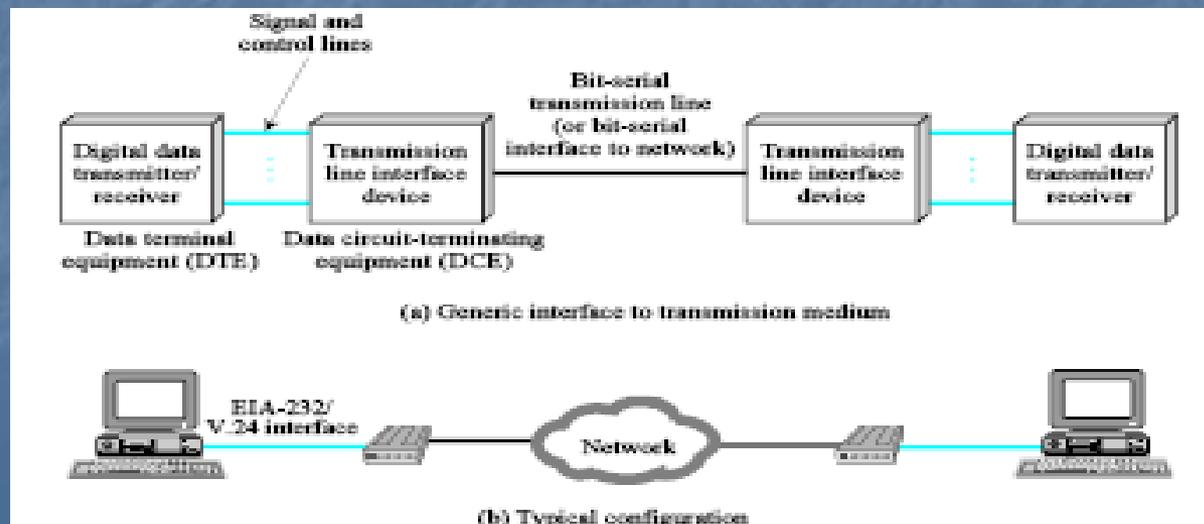
Les jonctions sont donc un ensemble physique d'équipements mécanique et électriques qui doit assurer le bon fonctionnement de la communication entre l'ETTD et l'ETCD. Ces jonctions ont donc été normalisé en vue de les rendre standard.



Etude de la jonction:

L'interface ou jonction est caractérisée par :

- ✓ ses caractéristiques mécaniques (connecteurs ...),
- ✓ ses caractéristiques électriques (niveaux logiques ...),
- ✓ ses caractéristiques fonctionnelles (rôles des signaux...),
- ✓ Procédurales: séquences d'événements pour transmettre des données



Normalisation :

Les principales normes électriques, mécaniques et fonctionnelles rencontrées dans les liaisons série entre ETTD et ETCD sont définies par les avis et recommandations de l'UIT-T, par l'ISO (International Standardisation Organization), ainsi que par l'association américaine EIA (Electrical Industry Association).

UIT-T (Union Internationale des Télécommunications) (ex CCITT) :

- Série **Vxx** (*Transmission de données sur le réseau téléphonique*).
- Série **Xxx** (*Transmission de données sur les réseaux publics*).

EIA (Electronic Industry Association) :

- Série **RSxxx**

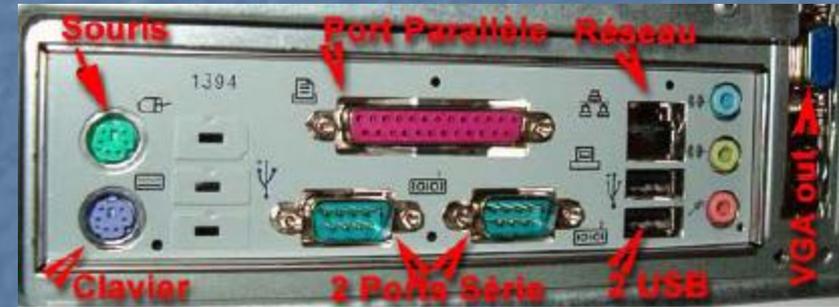
Le tableau ci-dessous résume suivant l'ordre de grandeur de débits, les interfaces couramment utilisés et les normes correspondants

Norme			Débit
Électrique	Mécanique	Fonctionnelle	
UIT-T V28	ISO 2110 (DB25)	UIT-T V24	<20 kbit/s
EIA RS232C			
UIT-T V11/V10 (EIA RS422/RS423 et RS485)	ISO 2593 (34 broches)	UIT-T V24	48 kbit/s
	UIT-T V35		
UIT-T V11/V10	ISO 4902 (DB37)	UIT-T V24	<2 Mbit/s
	UIT-T V36 (EIA RS449)		
UIT-T V11/V10	ISO 2110 (DB25)	UIT-T V24	<2 Mbit/s
	EIA RS530		
UIT-T V11/V10	ISO 4903 (DB15)	UIT-T X21	<2 Mbit/s
I430/I431 (interface "S/T")			2 Mbit/s (RNIS)

Interface V24/EIA-232-F

la plus courante (ex port série PC): UIT-T V24

- spécifie fonctionnel et procédural
- ✓ référence autres stds pour électrique et mécanique
- EIA-232-F presque identique, couvre tous les aspects
- ✓ mécanique : ISO2110
- ✓ électrique : V28
- ✓ fonctionnel : V24
- ✓ procédural : V24
- 1^{ère} version en 1962 (RS-232)

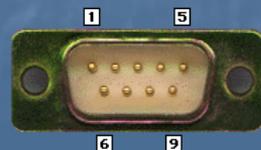


Spécification mécanique

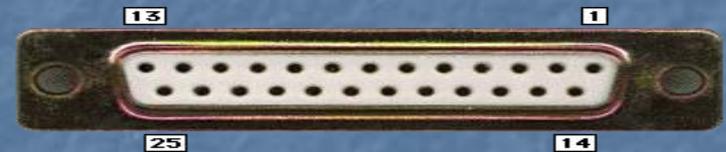
- connecteur " officiel" DB25(d'origine cannon)
- existe aussi...
- ✓ DB9 (IBM)
- ✓ DB15
- ✓ DB34



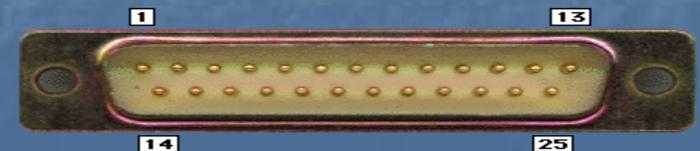
DB-9 Female



DB-9 Male



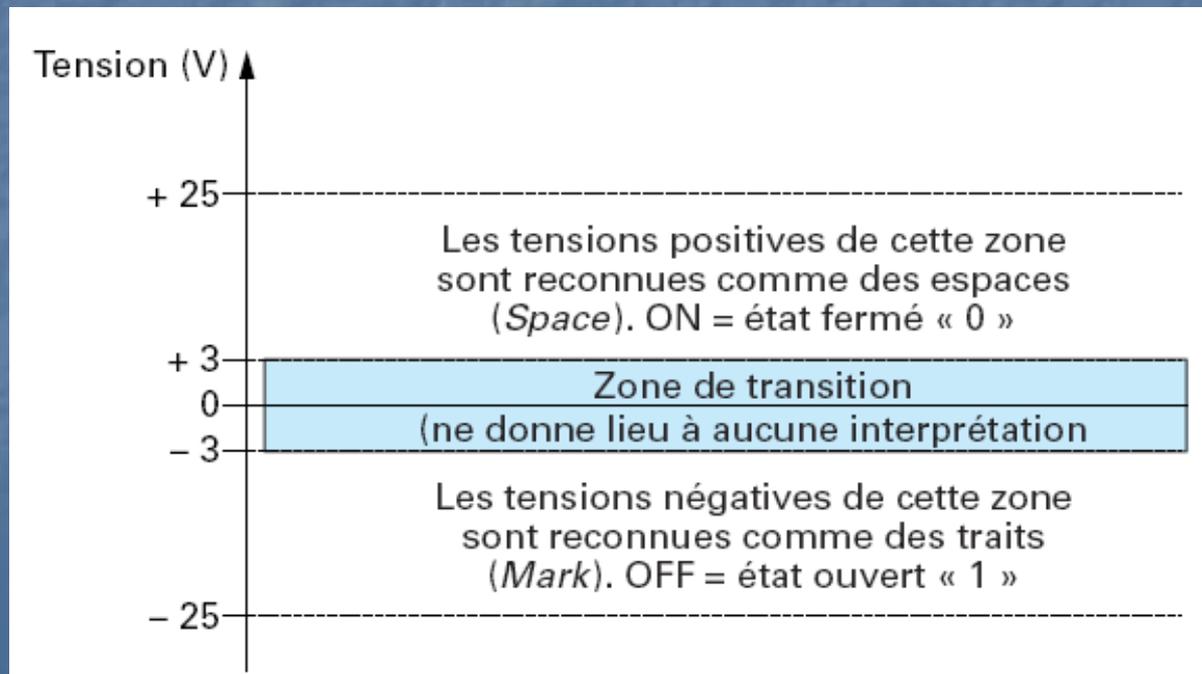
DB-25 Female



DB-25 Male

Spécification électrique (V28)

- Pour chaque signal, le support est un fil référencé par rapport à la masse. La norme permet d'adapter les signaux logiques (TTL ou CMOS).
- 1 logique = 5V devient une tension comprise entre -3V et -25V (MARK).
- 0 logique = 0V devient une tension comprise entre +3V et +25V (Space).
- Débit binaire <20kbps et distance <16m
- Zone de transition (ne donne lieu à aucune interprétation)

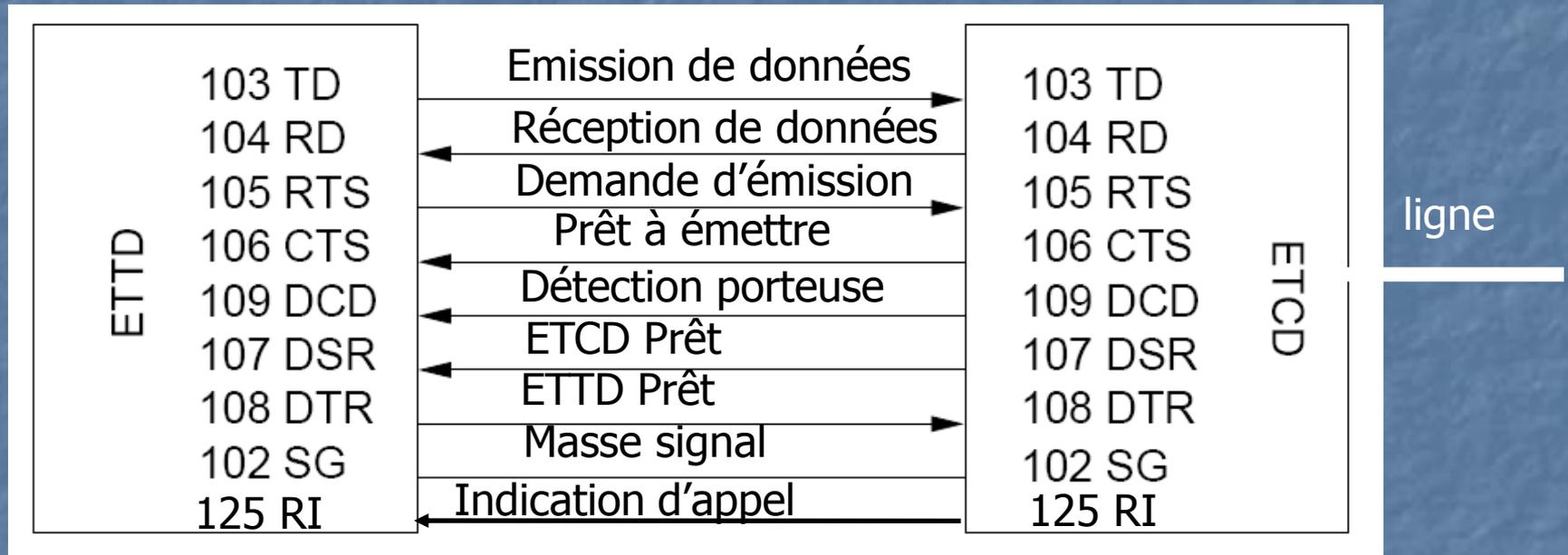


Nomenclature des circuits

V24	Appellation CCITT V24	Abr.	RS232	Abr.	25 br.	9 br.	Sens
101	Terre de Protection	TP	Protective ground	PG	1		
102	Terre du Signal (0V)	TS	Signal Ground	SG	7	5	
103	Emission de Données	ED	Send Data	SD	2	3	S
104	Réception de Données	RD	Receive Data	RD	3	2	E
105	Demande Pour Emettre	DPE	Request To Send	RTS	4	7	S
106	Prêt A Emettre	PAE	Clear To Send	CTS	5	8	E
107	Poste de Données Prêt	PDP	Data Set Ready	DSR	6	6	E
108.2	Terminal Données Prêt	TDP	Data Terminal Ready	DTR	20	4	S
109	Détecteur de Porteuse	DP	Data Carrier Detect	DCD	8	1	E
111	Sélecteur de Débit Binaire	SDB	Data Signal Rate Selector	DSRS	23		S
113	Base de Temps Emission	BTE	Transmit Clock (DTE)	TC	24		S
114	Base de Temps Emission	BTE	Transmit Clock (DCE)	TC	15		E
115	Base de Temps Réception	BTR	Receive Clock (DCE)	RC	17		E
118	ED sur voie secondaire	SED	Secondary TD	STD	14		S
119	RD sur voie secondaire	SRD	Secondary RD	SRD	16		E
120	DPE sur voie secondaire	SDPE	Secondary RTS	SRST	19		S
121	PAE sur voie secondaire	SPAPE	Secondary CTS	SCTS	13		E
122	DP sur voie secondaire	SDP	SRLSD: Secondary RLDS	SDCD	12		E
125	Indicateur d'Appel	IA	Ring Indicator	RI	22	9	E
140	Bouclage/Essai de Maintenance	BEM	Remote Loopback	RL	21		S
141	Bouclage Local	BL	Local Loopback	LL	18		S
142	Indicateur d'Essai	IE	Test Indicator	TI	25		E

Rôle des circuits

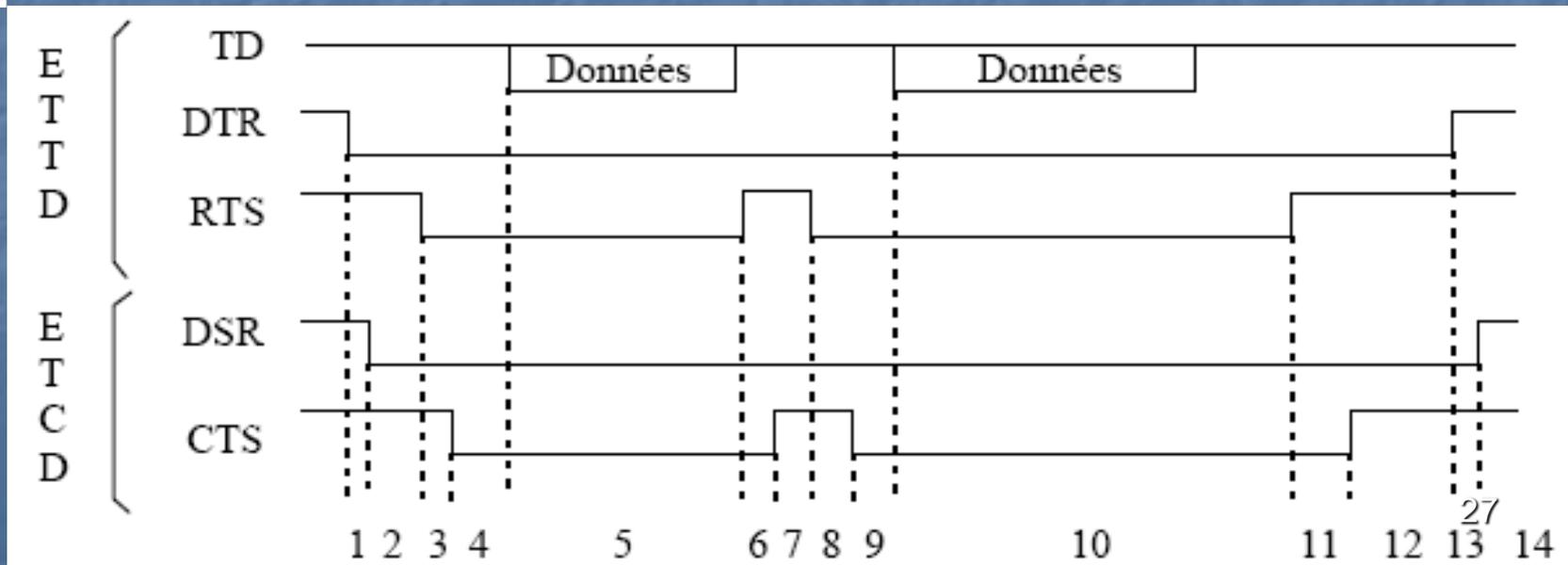
❖ principaux 102 a 109



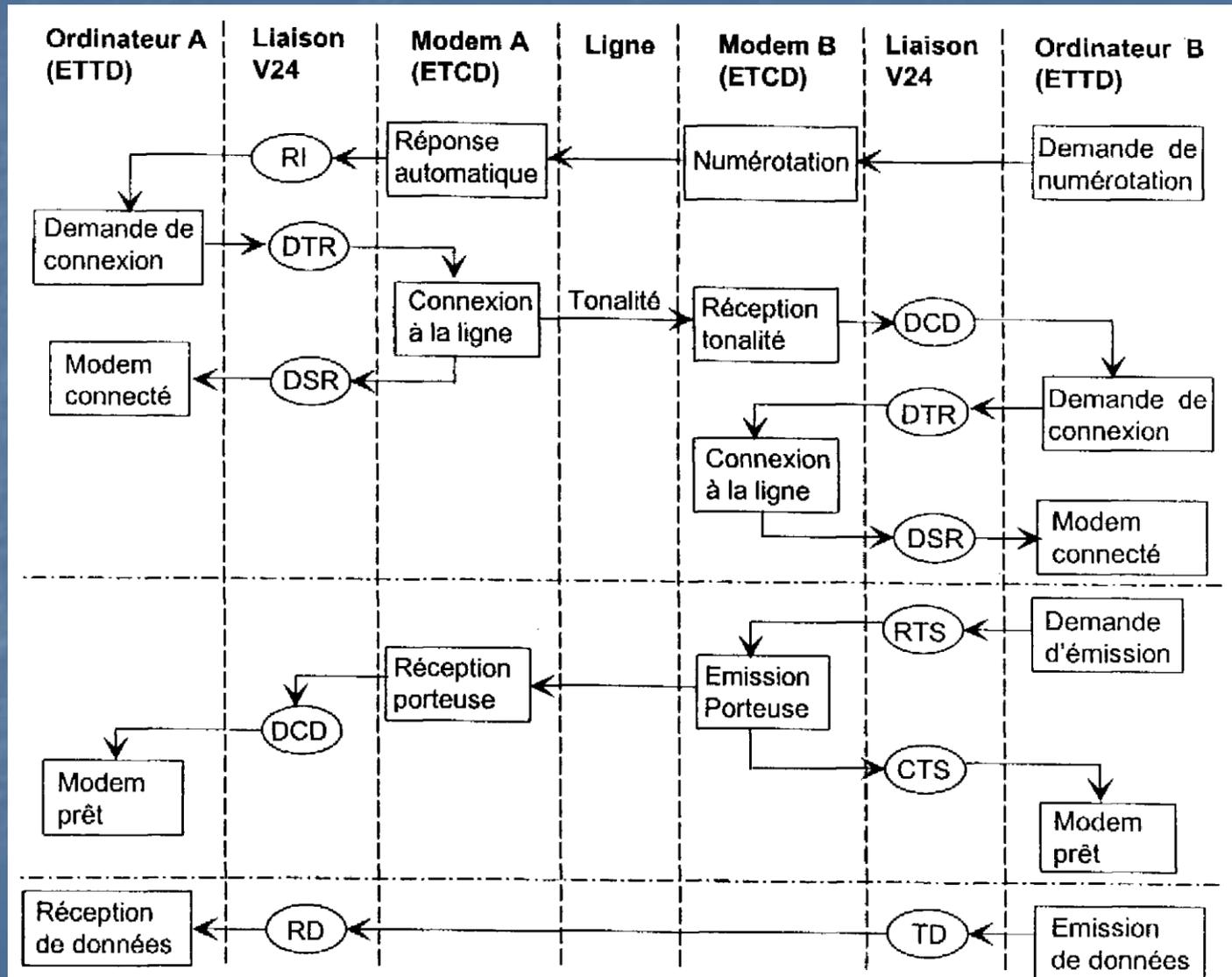
- ❖ 113 a 115 pour transmission synchrone
- ❖ 118 a 122 pour une voie secondaire
- ❖ 140 a 142 pour maintenance

Commande d'un ETCD

- Les données s'échangent par les circuits TD(Transmitted Data)(103)et RD(Receive Data)(104).
- Avant la transmission des données, la connexion doit être établie entre les deux systèmes. Les signaux participant à cette phase de la communication sont :
- DTR(Data Terminal Ready)(108):**ETTD prêt** et DSR(Data Set Ready)(107):**ETCD prêt** pour la connexion de ligne
- RTS(Request To Send)(105):**Demande d'émission** et CTS(Clear To Send)(106):**Prêt à émettre** pour la validation de l'émission
- DCD(Data Carrier Detect)(109): **Détection d'émission** pour la validation de porteuse
- RI (Ring Indicator) (125): **indicateur d'appel** pour signaler un appel reçu par l'ETCD.



Etablissement d'une liaison entre deux systèmes



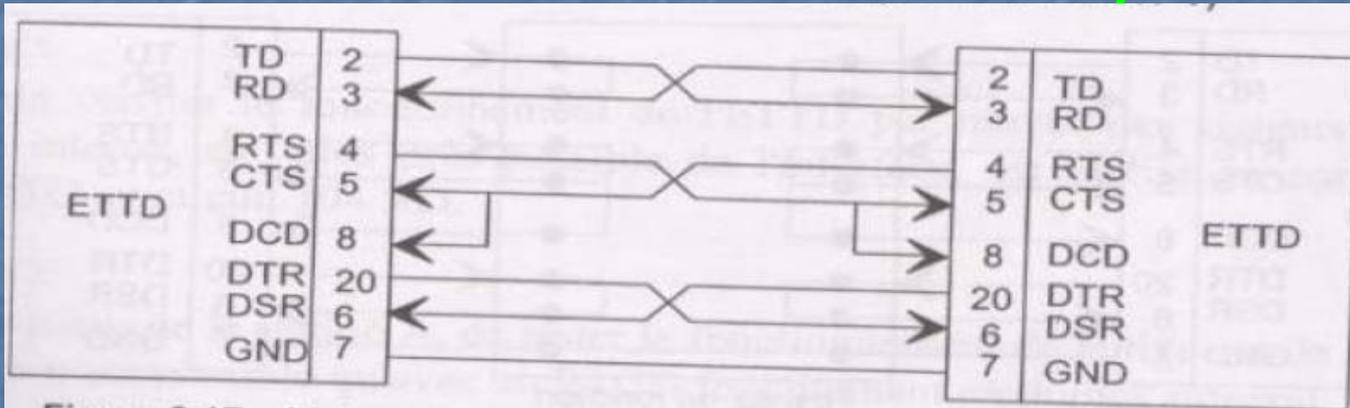
Établissement d'une liaison V24 entre PC et modem

Câble modem null

permet de relier directement deux ETTD

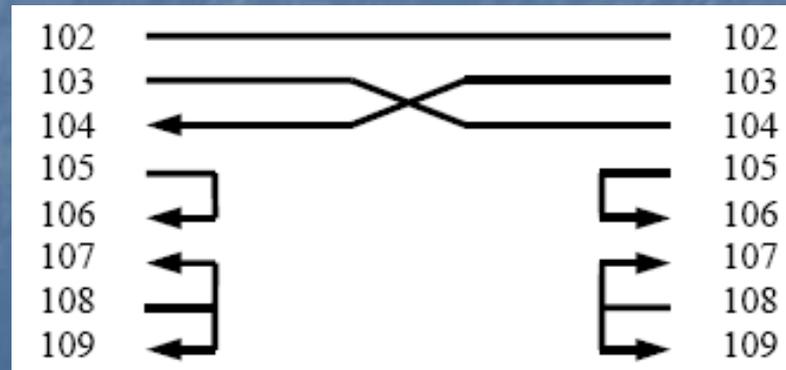
Liaison entre 2 ETTD : câblage (hors norme) appelé null modem (sans ETCD). Ces liaisons nécessitent de croiser les fils, le plus simple fait appel à 3 fils, le plus complet à 7 fils :

Câble modem nul complet



Permet un **contrôle de flux matériel**

Câble modem nul simplifié



Le **contrôle de flux** doit être **Logiciel**

DTR(108): **ETTD prêt** et DSR(107): **ETCD prêt** pour la connexion de ligne
RTS(105): **Demande d'émission** et CTS(106): **Prêt à émettre** pour la validation de l'émission
DCD(109): **Détection d'émission**

Contrôle de flux

➤ nécessité

- PC UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter std : 115,2 kb/s

- modem 33,6 - 56 (plus avec compression)

- matériel : signaux RTS/CTS (ou DTR/DSR)

- logiciel : caractères de contrôle XON/XOFF

- ✓ acceptable si transmission semi-duplex

- ✓ moins de fils !

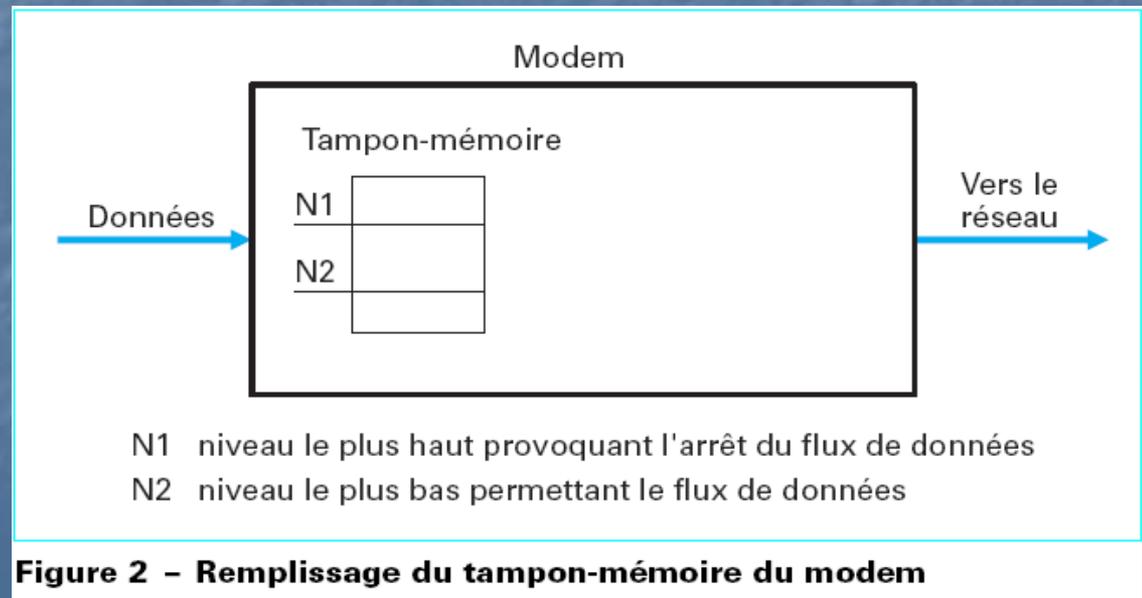


Figure 2 - Remplissage du tampon-mémoire du modem

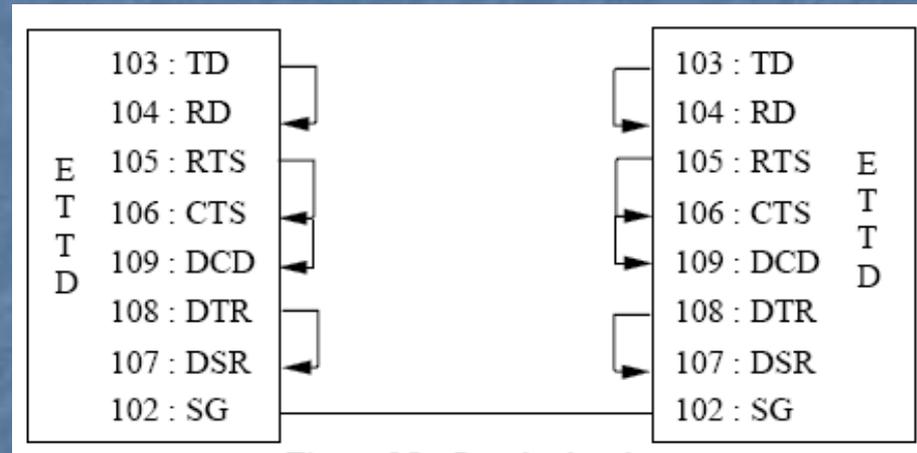
Maintenance d'une liaison

□ Liaison entre ETTD

Test des niveaux significatifs

Broche 2 et 3: $-25v < V < -3v$ broches 4-5-6-8-20 $+3v < V < +25v$

Test des circuits par boucles locales



Test des circuits en fonctionnement normal

□ Bouclage (loopback)

pour test la liaisons et appareils

- avis V54 en définit 4

- 2 avec V24

- ✓ LL local loopback (3)

- ✓ RL remote loopback (2)

