Calculer l'ordre de grandeur de $\Delta\tau = \zeta_1 - \zeta_2$ pour un satellite géostationnaire dont l'orbite est placée à 36 000 km. On négligera les temps de transit dans les équipements.

A-2 Étude du générateur de pseudolites

Le schéma de principe du générateur de pseudolites est représenté sur la figure 2. Il comprend un générateur de séquence pseudo-aléatoire codé, appelé code C/A, un générateur de message binaire M, émis à une fréquence de 50 Hz, un oscillateur qui fournit une tension sinusoïdale de fréquence F_0 = 1575,42 MHz qui représente la porteuse (en bande L) pour le système GPS et un mélangeur. Le message binaire émis à 50 Hz contient des informations d'identification pour le

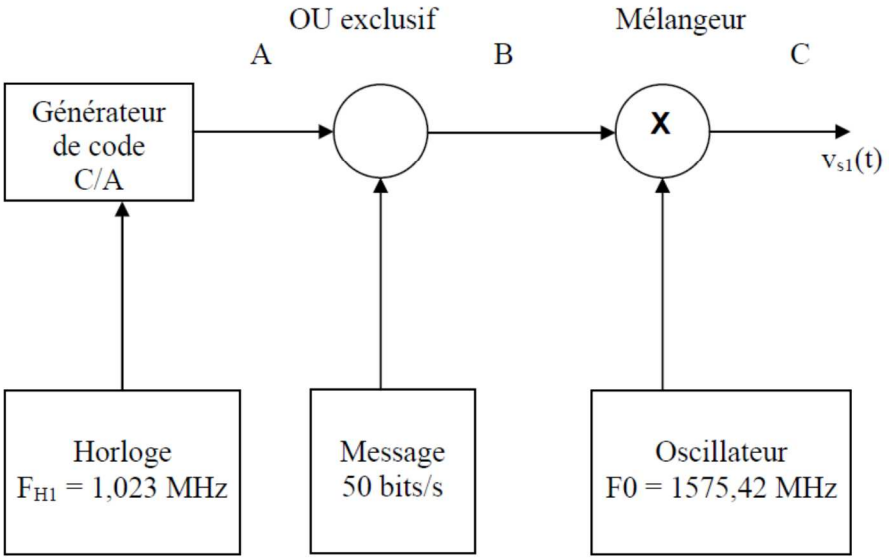


Figure 2 : principe du générateur de signaux pseudolites

système GPS.

A-2-1 Calculer le débit binaire du code pseudo-aléatoire C/A.

A-2-2 Calculer le nombre de bits du code C/A contenu dans la durée d'un bit du message binaire M.

A-2-3 Calculer le rapport de cohérence théorique Rc défini par la relation :

$$Rc = F_0/F_{H1}$$

où F_0 est la fréquence porteuse du signal.

B) Etude du générateur de code pseudo-aléatoire

La figure 5 montre un exemple de générateur de séquence pseudo-aléatoire. Il est composé de 3 bascules D et d'un additionneur modulo 2.

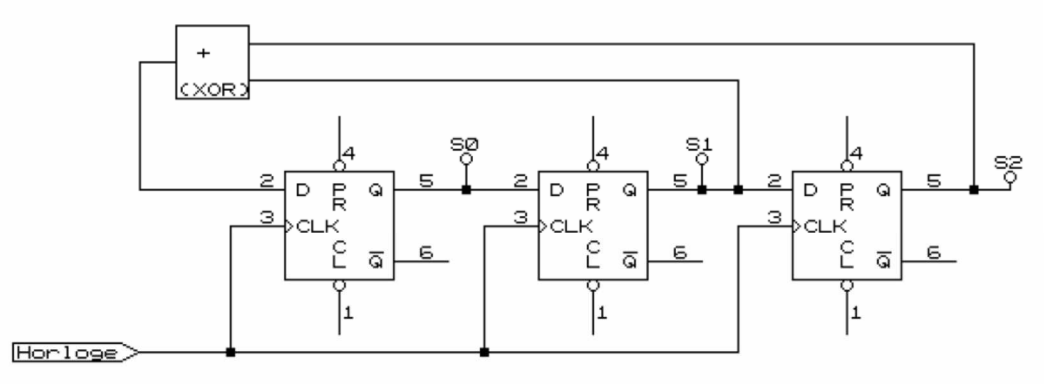


Figure 5 : générateur de signaux pseudo-aléatoires

En supposant que l'état initial des sorties est :

$$S0 = S1 = S2 = 1$$

B-1-1 complétez la suite de la séquence sur le document réponse DR2.

DOCUMENT REPONSE DR2

Horloge	S_0	S_1	S_2

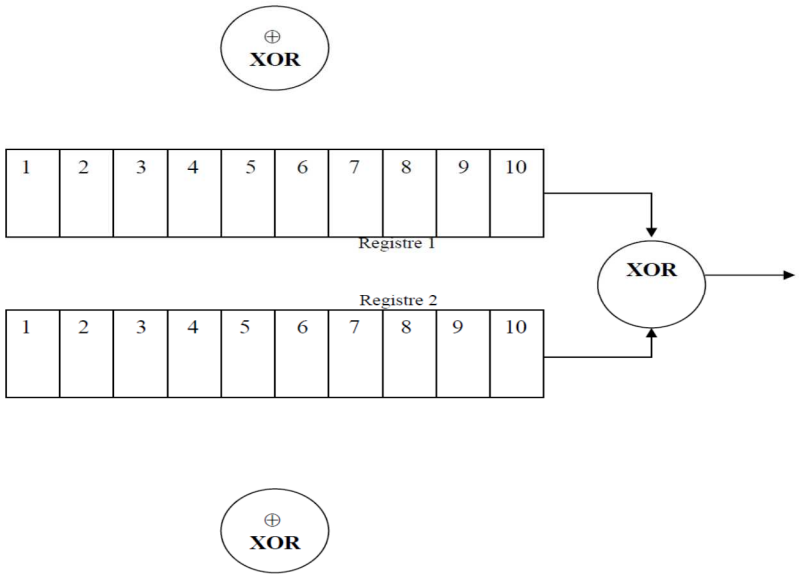
B-1-2 Calculer la longueur de la séquence et la pseudo période T en fonction de la fréquence d'horloge F_H.

B-1-3 En déduire le polynôme générateur de la séquence.

B-1-4 Le code pseudo aléatoire C/A utilisé dans l'application, est en fait une séquence composite de deux séquences élémentaires définie par le polynôme suivant :

$$P= (x^{10} + x^{9} + x^{8} + x^{6} + x^{3} + x^{2} + 1) + (x^{10} + x^{3} + 1) = P_1 + P_2$$

Compléter le schéma du générateur de cette séquence sur le document réponse DR3. Chaque élément représente une bascule D, les circuits 'ou' sont des additionneurs modulo 2.



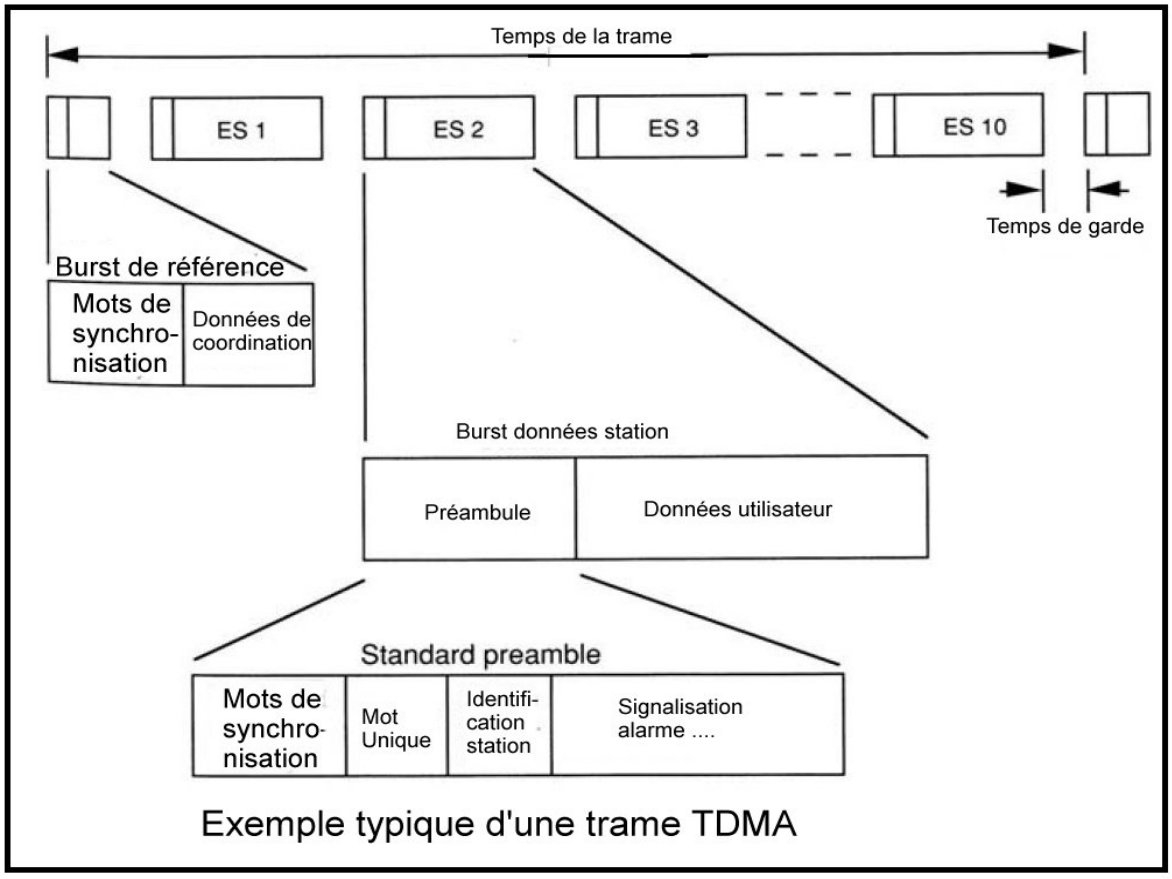
B-1-5 La séquence composite ainsi obtenue appartient à une classe particulière appelée séquences de Gold. Quelles sont les principales propriétés de ces séquences ?
En terme de spectre, quelle particularité obtient-on avec ce type de modulation ?
Donner des applications de ces séquences et de ces modulations.

7) Le tramage

a) *Principe*

Le mode TDMA permet de véhiculer les informations sous forme de trame
Cette structure de trame permet d'ajouter aux données utiles (données utilisateur) des données supplémentaires appelées entêtes (overhead).
D'une manière générale, l'information contenue dans ces données supplémentaires sont de natures diverses :

- La signalisation
- Les alarmes
- Les synchronisations
- Les contrôles d'encryptages
- Des bits réservés pour des opérations futures ....



Exemple typique d'une trame TDMA

La signalisation consiste à acheminer, de l'abonné au réseau et entre les noeuds de commutation, des indications concernant la destination de l'appel, les compléments de service liés à cet appel, le succès ou non de la connexion, le routage, la facturation, etc.

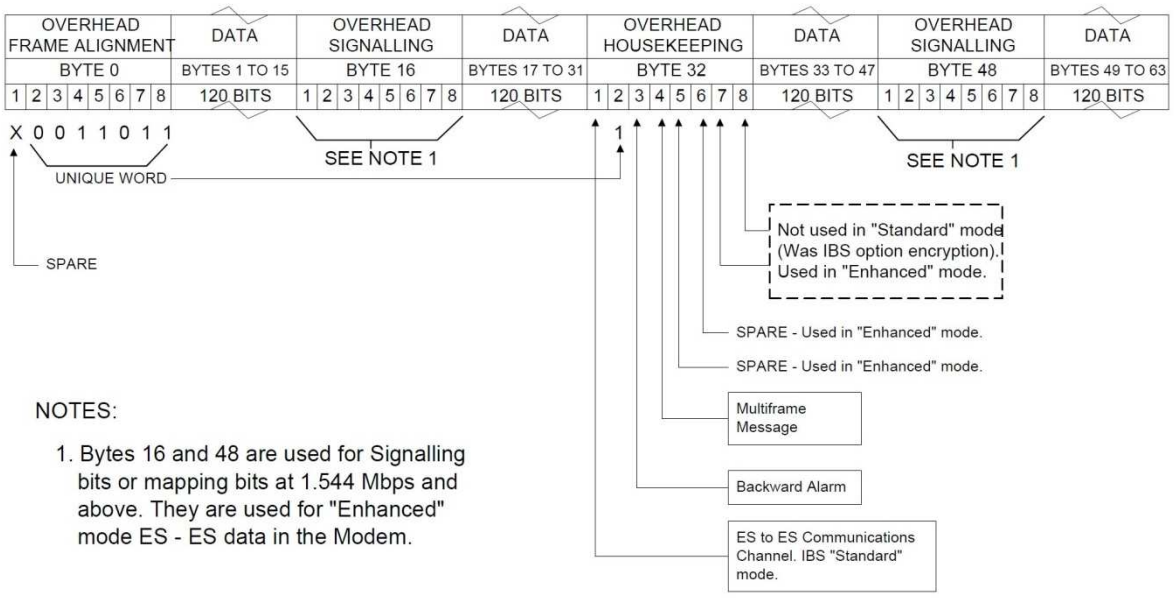
On distingue pour le tramage deux types de réseau: réseau fermé et réseau ouvert :

- En réseau fermé, les données sont formatées par l'utilisateur auxquelles des bits supplémentaires peuvent être rajoutées avec un tramage propriétaire (pas de norme).
- En réseau ouvert, le tramage est normalisé

b) ***Exemple de réseau ouvert l'IBS de Intelsat***

En 1984 Intelsat a introduit le INTELSAT Business Service (IBS), pour des lignes de communication privé. Dans beaucoup de pays les utilisateurs privés peuvent installer et opérer sur leur propre station terrestre pour accéder directement au segment spatial Intelsat.
Pour le système satellite Intelsat deux modes (normalisés) existent:

- **Mode I.D.R** : initialement conçu pour des données de type téléphonique avec des débits bien définis auxquels on ajoute un sur-débit fixe de 96 kb/s.
- **Mode I.B.S** : conçu pour la transmission de données numériques, le mode IBS définit une structure de trame se décomposant en tronçons de 64 kb/s et intégrant un sur débit dépendant du débit utilisateur qui équivaut à multiplier le débit utile par 16/15.

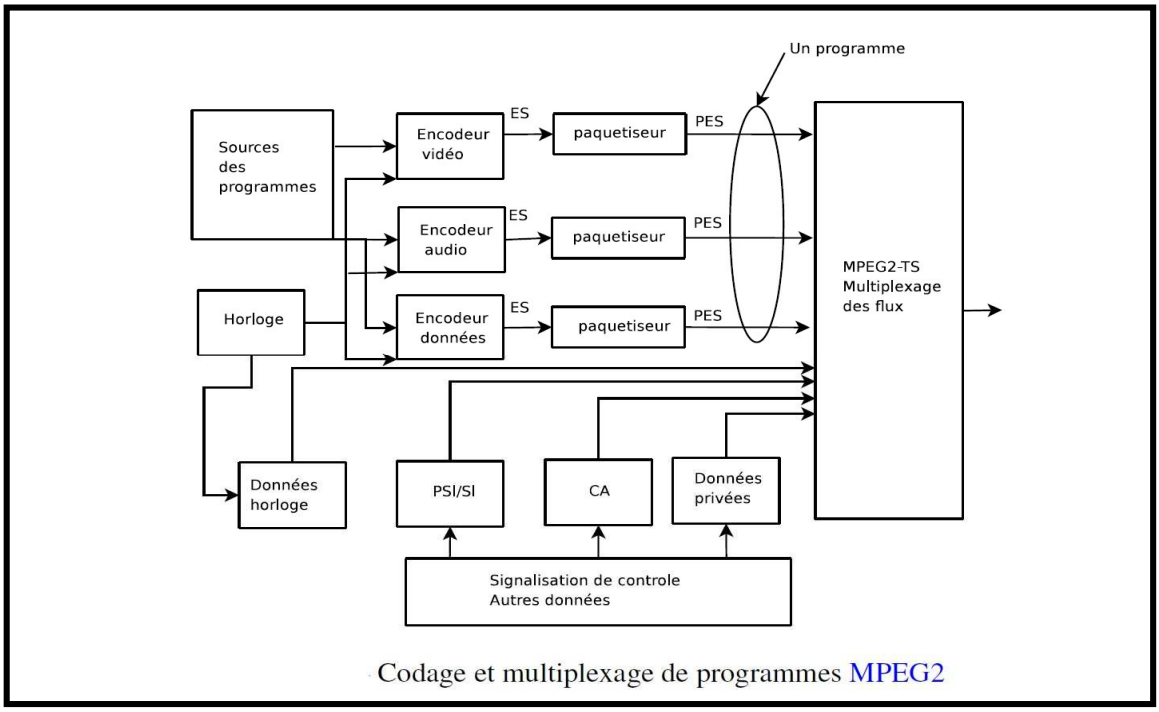


Exemple DVB-S: Multiplexage

1) Présentation

Un système de télévision classique DVB-S est donc composé de trois éléments : un émetteur nommé passerelle ou "gateway" diffuse des flux vidéos via un satellite transparent vers des terminaux récepteurs-décodeurs des programmes. Le système repose sur le standard MPEG2 pour coder les flux vidéos, les flux audio et d'autres informations (télétexte) et enfin pour les multiplexer dans un flux MPEG2- TS (MPEG2 - Transport Stream) composé de trames de 188 octets. Des informations de contrôle et de synchronisation sont également insérées.

2) Principe du multiplexage



Codage et multiplexage de programmes MPEG2

Les sources analogiques vidéos et audios des programmes de télévision sont encodées à partir d'une horloge commune permettant de conserver la synchronisation du programme. Cet encodage spécifique pour la vidéo ou l'audio est décrit dans des normes MPEG2 spécifiques. De nouveaux codages plus efficaces comme H264 du standard MPEG4 ou des formats propriétaires peuvent également être utilisés. Ces différents encodages engendrent des flux élémentaires ES (Elementary Stream) qui sont ensuite découpés en PES (Packet Elementary Stream).
Le format des PES est assez complexe et a une structure qui dépend de la nature du flux transporté. Il comporte en particulier les champs suivants :

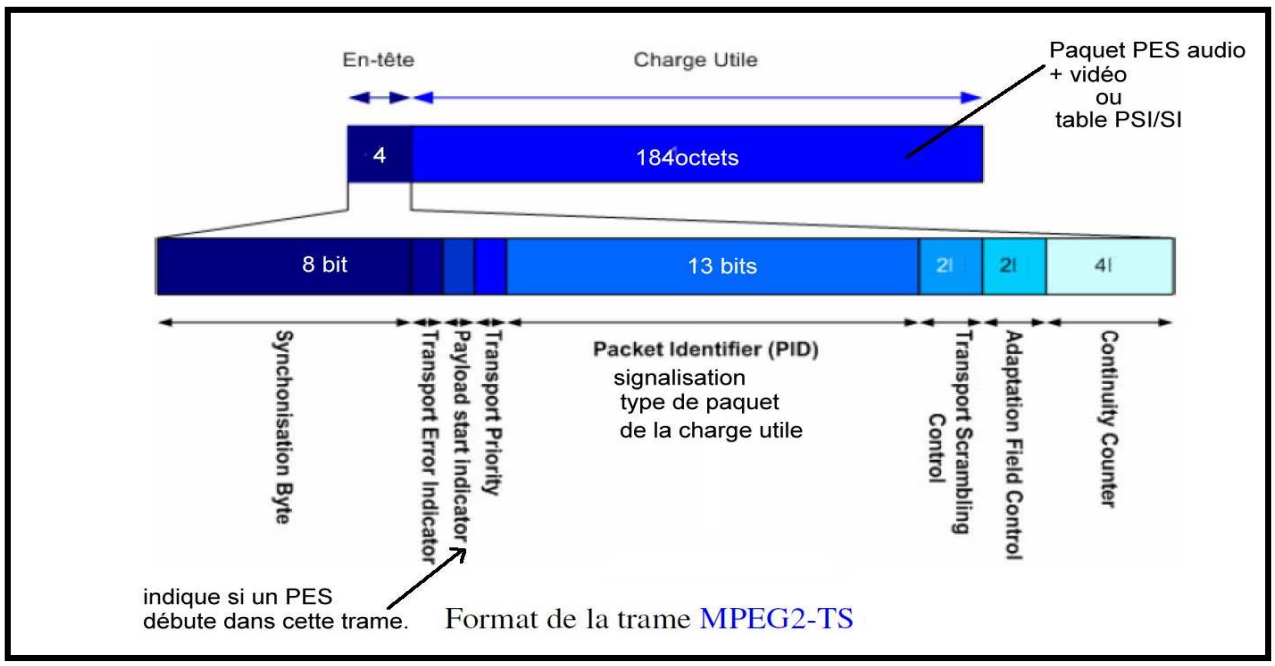
packet_start_code_prefix : Ce champ est une suite binaire invariable identifiant le début du PES.

stream_id : Ce champ permet de décrire la nature du flux et donne potentiellement un numéro de flux dans un programme.

PES_packet_length : Il représente la longueur du paquet sans l'en-tête.

3) Format de la trame MPEG2-TS

Le Transport Stream est un mécanisme visant la transmission sur des média potentiellement bruités. On peut considérer cette couche MPEG2-TS comme la structure de référence d'un système DVB-S.
Un flux MPEG2-TS est constitué de "paquets" de 188 octets avec un en-tête de 4 octets. Chaque paquet est identifié dans l'en-tête par un PID (Packet IDentifier) qui indique le type de contenu en fonction de la signalisation PSI/SI. A chaque programme contenant plusieurs flux PES identifiés par leur stream_id est associé un PID. Suivant leurs tailles, les PES sont découpés en paquets adéquats de 184 octets en utilisant du bourrage pour compléter le dernier paquet grâce à un champ adaptation_field variable dans l'en-tête. Ce champ d'adaptation servira par la même occasion à transporter la référence d'horloge pour la synchronisation temporelle PCR (Program Clock Reference).



Format de la trame MPEG2-TS

sync_byte (8 bits) : il contient une valeur unique de synchronisation 0x47. Cette valeur ne devrait pas être utilisée dans d'autres champs pour aider à la synchronisation.
transport_error_indicator (1 bit) : il indique au moins une erreur dans le paquet.
payload_unit_start_indicator (1 bit) : il indique si un PES débute dans cette trame.
transport_priority (1 bit) : il indique le niveau de priorité de la trame.
PID (13 bits) : il représente l'élément clef de cette en-tête. Il caractérise le type de paquet et donc la façon de traiter les données encapsulées en rapport avec la signalisation PSI/SI.
transport_scrambling_control (2 bits) : il indique si les données de la trame sont embrouillées ou non.

adaptation_field_control (2 bits) : il indique la présence d'un champ additionnel dans l'en-tête et la présence de données à la suite.
continuity_counter (4 bits) : il représente un compteur incrémental de données pour chaque PID et permet notamment de savoir si des données sont dupliquées.
adaptation_field : si adaptation_field_control vaut '10' ou '11', on trouve un "adaptation_ field" de taille variable
pointer_field : ce champ est présent pour le transport des tables PSI/SI afin d'indiquer l'emplacement de départ de la table.

La table PSI/SI identifie :

- ✓ l'organisation du réseau physique
- ✓ TDT (Time and Data Table) : remise à l'heure du terminal récepteur
- ✓ Les programmes présents
- ✓ PMT (Program Map Table) compréhension des données suivant leurs PIDs
- ✓ EIT (Event Information Table) : EPG

Annexe 1

Systèmes radios					
Nom	**Modulation**	**Accès**	**Bande**	**Bande passante**	**Débit Utile ***
DVB-S	QPSK (rolloff=0,35)	FDMA	10.7-12.75GHz↓	36MHz	40Mbit/s
DVB-S2	QPSK;8PSK;16APSK; 32APSK	F/TDMA	-	-	60Mbit/s
DVB-T	OFDM 6817-1705 porteuses	TDMA	V/UHF	7,61MHz	24Mbit/s
DVB-T2	OFDM 27264 Port. QPSK;16QAM;64QAM ;256QAM	TDMA			32Mbit/s
DVB-H	OFDM – QPSK – 16QAM	TDMA	UHF/bande L(1670MHz)	5-8MHz	3-11Mbit/s
DAB	OFDM	FDMA	V/UHF	1,536MHz	5Mbit/s
Bluetooth	GFSK (BT=0,5 ;x=0,32)	FDMA	2.4465-2.4835GHz (France)	1MHz	1Mbit/s
IEEE 802.11 Wi-Fi	Nombreuses techniques normalisées QAM - OFDM - DSSS…		5,15-5,25 ; 5,25-5,35 5,725-5,825 GHz et 2.4 - 2.4835GHz	Selon modulation	(11.b) 11 Mbit/s (11.a) 54 Mbit/s
IEEE 802.16 Wimax	Modulation BPSK-QPSK-16QAM-64QAM. OFDM SOFDMA		2-11GHz 20GHz-66GHz	1,75 - 20MHz	70Mbit/s
Hyperlan2	OFDM – 52 porteuses BPSK-QPSK 16QAM-64QAM	FDMA	5,150 – 5,3 GHz	20MHz	6->54Mbit/s
ERMES	FSK4	FDMA	169,425-169,800 MHz	3,125kHz	6.250kbit/s
GSM	GMSK	F/TDMA	890-915MHz↑ 935-960MHz↓	200kHz	9,6kbit/s
GPRS	GMSK	F/TDMA	890-915MHz↑ 935-960MHz↓	200kHz	171,2kbit/s
EDGE	8PSK	F/TDMA	890-915MHz↑ 935-960MHz↓	200kHz	384kbit/s
UMTS	QPSK (Rolloff= 0,22)	T/CDMA W-CDMA	1900-1920 / 2010-2025MHz 1920-1980 / 2110-2170MHz 2170-2200MHz(satellite)	5MHz 5MHz	384kbit/s à 1920kbit/s
HomeRF	QAM – FHSS	CDMA	2.45GHz		10Mbit/s
IEEE 802.15.4 ZigBee	BPSK-QPSK	CDMA	868MHz ; 2,4Ghz	3MHz	20 à 250kbit/s
UWB	Impulsionnelle			25% de la fréquence porteuse	
HSDPA	QPSK/16QAM	W-CDMA		5MHz	14Mbit/s

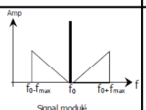
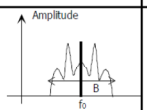
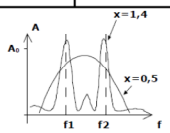
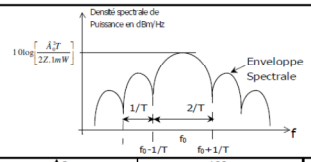
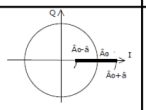
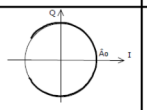
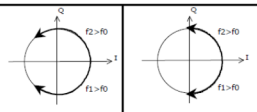
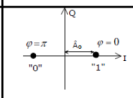
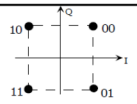
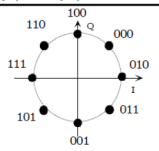
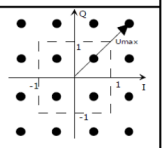
* débit utile indicatif en réalité souvent inférieur à celui indiqué

Bande	Gamme de fréquence	Services
Bande III	174 – 238 MHz	TV analogique, TNT, DAB, FM
Bande IV	470 – 614 MHz	TV analogique, TNT
Bande V	614 – 862 MHz	TV analogique, TNT
Bande L	1452 – 1467 MHz 1467 – 1492 MHz	DAB terrestre DAB satellite

Nom	Signification	utilisation
Bluetooth	Surnom d'un roi viking qui mangeait beaucoup de myrtilles (!)	Transmission de données sans fil
DAB	Digital Audio Broadcasting	Diffusion radio hertzienne
DVB-S	Digital Video Broadcasting – Satellites	Diffusion TV par satellites
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial	Diffusion TV hertzienne
DVB-H	Digital Video Broadcasting – Hertzien	Diffusion TV hertzienne -mobile
EDGE	Enhanced Data rate GSM Evolution	Téléphonie mobile de 2,5ème génération
ERMES	European Radio Message System	Radio-messagerie
GPRS	General Packet Radio System	Téléphonie mobile
GSM	Global System for mobile communication (ETSI)	Téléphonie mobile
Hyperlan2	ETSI : European Telecommunication Standards Institute	Réseaux locaux radios
IEEE 802.11 WiFi	International Electricity & Electronics Engineers Wireless Fidelity	Réseaux locaux radios
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Réseaux Métropolitains radio
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	Téléphonie mobile de 3ème génération
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	Téléphonie 3,5G
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access	Téléphonie 3,5G
HomeRF	Groupe Intel – Compaq – IBM – HP…	LAN résidentiel

Modems - Câble					
Nom	**Modulation**		**Bande**	**Bande passante**	**Débit Utile ***
V34	QAM64 – QAM 256		300-3400Hz	3kHz	33600 bit/s
V90	QAM 256 – PCM		300-3400Hz	3kHz	56000 bit/s ↓ 33600 bit/s ↑
V92	QAM 256 – PCM		300-3400Hz	3kHz	56000 bit/s ↓ 48000 bit/s ↑
ADSL	CAP – DMT		200kHz – 1,1MHz	1MHz	1-8Mbit/s↓
ADSL2+	CAP – DMT		200kHz – 2,2MHz	2MHz	20Mbit/s
DVB-C	QAM64		-	8MHz	40Mbit/s
* : Les valeurs indiquées sont purement indicatives. (Elles sont inférieures dans tous les cas)					

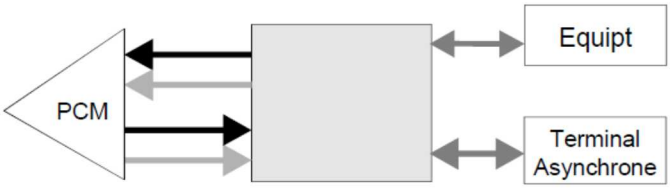
Annexe N°2

Porteuse non modulée : $h(t) = \hat{A}_0 \cos(\omega_0 t)$								
	AM	**FM**	**FSK2**	**MSK**	**BPSK**	**QPSK**	**8PSK**	**16QAM**
Nature	Analogique		Numérique					
Signal modulant	$m(t) = \hat{a}\cos\omega t$ Signal physique		Un signal NRZ à deux niveaux Vitesse R=1/T			Deux signaux NRZ	Deux signaux Pentavalents	Deux signaux quadrivalents
Puissance	$Pt = P_0\left(1+\frac{k^2}{2}\right)$	$P_0 = \frac{\hat{A}_0^2}{2Z}$						$P = \frac{5U_{max}^2}{18Z}$
Largeur de modulation	$B = 2f_{max}$	$B \approx 2(\Delta f + f_{max}$	$B \approx 2.\Delta f$	$B \approx 1{,}5R$	$B \approx 1{,}2R$ filtré - $B = 2R$ lobe			
Spectre								
Constellation								
Valence	_	_	2	2	2	4	8	16
Débits binaire	_	_	R	R	R	2R	3R	4R
Utilisation	• Radiodiffusion en HF (OL/OM/OC) • TV Hertzienne en V/UHF	• Radiodiffusion en bande FM 88-108MHz • CB (citizen Band) 27MHz • Réseaux de communications professionnels et privés en V/UHF • Transmission analogique TV par satellite	• Modem numérique HF et câble • V21 V23 • Modulation GFSK Gaussian FSK pour Bluetooth	•Transmission radio • Modulation GMSK Gaussian MSK pour GSM et GPRS	• Transmission satellite • UMTS avec étalement	• Transmission satellite DVB-S pour la TV et la téléphonie • UMTS avec étalement • Modems filaires V22 V26	• Transmission satellite haut-débit • Modems V27 • EDGE	• V32 • Faisceau hertzien

Interface G.703

L'interface G.703 est utilisé pour transmettre des données synchrones à des débits de 64 ou 2.048 kbps, sur câble coaxial ou sur câble à paires torsadées.
Traditionnellement, c'est un interface fréquemment utilisé par les fabricants d'auto-commutateurs téléphoniques, les fabricants de multiplexeurs 2 Mbps et les opérateurs publics (France Télécom).
Il existe plusieurs variantes selon le mode de transmission des horloges :
- Interface co-directionnel,
- interface contra-directionnel,
- interface central-directionnel.

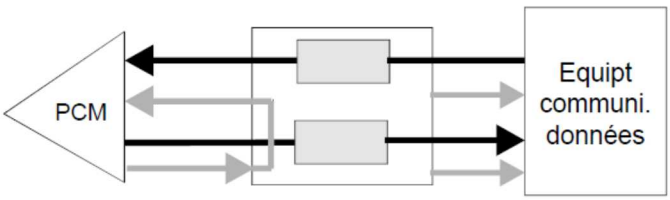
Cependant, le plus répandu reste l'interface de type co-directionnel.



Interface G.703 co-directionnel :

Ce type d'interface spécifie que l'horloge est **encodée** dans les données transmises.
Un transfert d'informations entre deux équipements A et B se fera donc de la manière suivante :
- l'équipement A envoie des données vers B en codant son horloge dans les données émises; l'équipement B va recevoir ces données en utilisant l'horloge décodée de la trame;
- réciproquement, l'équipement B va émettre des données vers A en codant sa propre horloge dans les données émises.

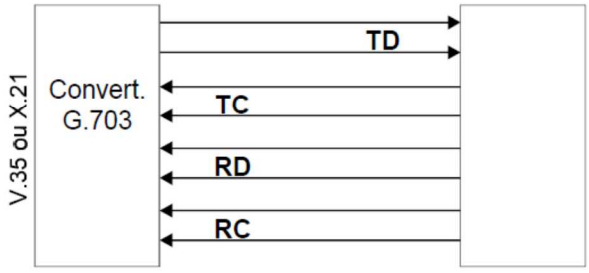
Cependant, dans la plupart des cas, un des équipements de la liaison va se servir de l'horloge reçue de l'équipement opposé pour s'en servir comme horloge pour l'émission de ses propres données, au lieu d'utiliser sa propre horloge interne.



L'interface G.703 co-directionnel ne comprend donc que deux signaux :
- les données émises,
- les données reçues.

Interface G.703 contra-directionnel :

L'interface contra-directionnel spécifie qu'un seul des deux équipements d'une liaison fournit les **deux** horloges (émission/réception) à l'équipement opposé.

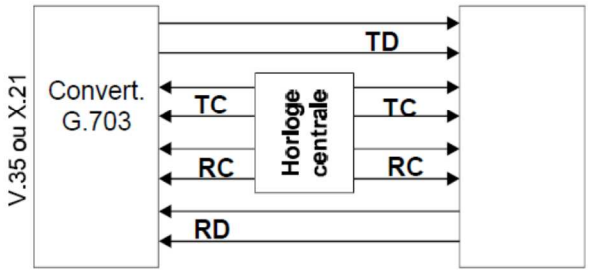


L'interface possède donc 4 signaux :
- les données émises,
- l'horloge émission,
- les données reçues,
- l'horloge réception,

sachant que les deux horloges seront soit reçues, soit émises, par un seul des équipements.

Interface G.703 central-directionnel :

L'interface de type central-directionnel reprend le même concept que l'interface contra-directionnel, à savoir deux signaux d'horloge et deux signaux de données.
En revanche, la source d'horloge est un équipement intermédiaire qui fournit une horloge aux **deux** équipements de la liaison.
Cet équipement tiers représente donc une source centrale de synchronisation, d'où son nom.



Au niveau électrique, un interface G.703 présente une impédance caractéristique de 120 ohms lorsqu'il est destiné à une liaison par paire torsadée. L'amplitude électrique est de 1 volt nominal (signal différentiel) et la distance admissible peut atteindre 800m @ 64kbps (paire torsadée 5/10ème).
La connectique G.703 utilisera soit une prise DB15, soit une prise RJ45, soit un bornier à vis.
L'interface G.703 co-directionnel peut aussi utiliser une double liaison coaxiale 75 Ohms. Dans ce cas, la connectique utilisée est de type BNC.
Les produits commercialisés par GMI-DATABOX serviront à :
- convertir l'interface G.703 en un autre type d'interface (V24, V35 ou X21/V11)
- convertir le médium utilisé (paire torsadée vers fibre optique, par exemple)
- augmenter les distances maximales autorisées.

Beaucoup de produits offerts dans notre catalogue pourront être choisis avec une alimentation électrique 220 Vac ou 48 Vcc.
Certains produits possèdent également une source d'alimentation en courant permettant d'alimenter une chaîne de répéteurs et atteindre ainsi des distances de l'ordre de 14 kms @ 2,048 Mbps.

Rappel Mathématique

Soient a et b des réels

$$\cos a \cos b = \frac{1}{2}[\cos(a+b)+\cos(a-b)]. \qquad (F_{26})$$

$$\sin a \sin b = -\frac{1}{2}[\cos(a+b)-\cos(a-b)]. \qquad (F_{27})$$

$$\sin a \cos b = \frac{1}{2}[\sin(a+b)+\sin(a-b)]. \qquad (F_{28})$$