

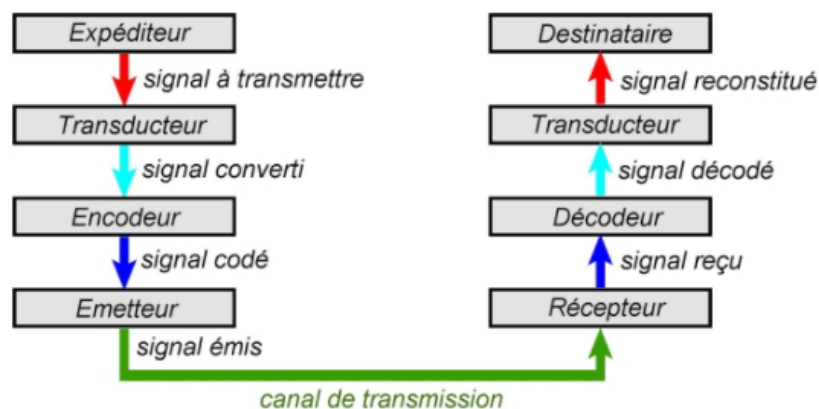
Nous avons besoin de transmettre des informations de tout ordre pour :

- connaître par exemple une température mesurée ;
- savoir s'il y a présence de personnes dans un endroit ;
- configurer des équipements ;
- écouter la radio ;
- regarder la télévision ;
- etc.

La chaîne de transmission de l'information

D'une manière générale, une chaîne de transmission de l'information présente les étapes :

- **Transduction** du message à émettre : conversion d'une grandeur physique en une autre. *Exemple : microphone, qui transforme le signal sonore en signal électrique. Ce sont les capteurs qui se charge de cela.*
- **Encodage** du message : *conversion des informations numériques (suite de 0-1) en un signal électrique codé en codage NRZ par exemple. Lorsque l'information transmise par le transducteur est de type analogique, une conversion analogique-numérique (C.A.N) est nécessaire également.*
- **Emission** du message. *Exemple : émission par ondes radio-fréquences.*
- **Réception** du signal. *Exemple : antenne de télévision, de radio, bluetooth, wifi, etc.*
- **Décodage** du message. *Son rôle est contraire de celui de l'encodeur. Une conversion numérique-analogique (C.A.N) sera nécessaire si l'information à restituer est de type analogique.*
- **Transduction** du signal en une grandeur physique perceptible par le destinataire. *Exemple : haut-parleur : transformation du signal électrique en signal sonore.*



Canal ou support de transmission :

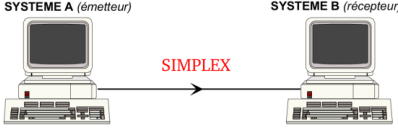
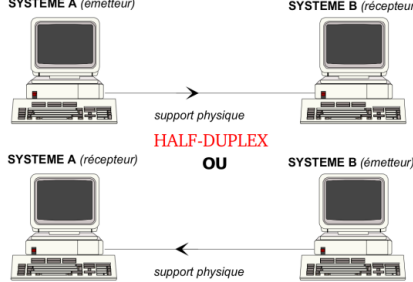
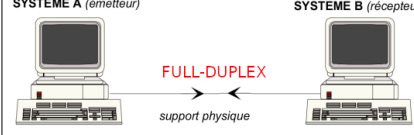
Les supports de transmission sont divers et variés.

On peut distinguer :

- les supports tangibles (avec supports physiques) : câble coaxiaux, fils de cuivre, fibre optique, etc.
- les supports non tangibles (sans support physique) : l'air, le vide

Types de communication

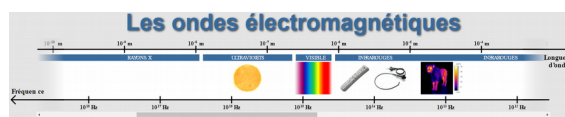
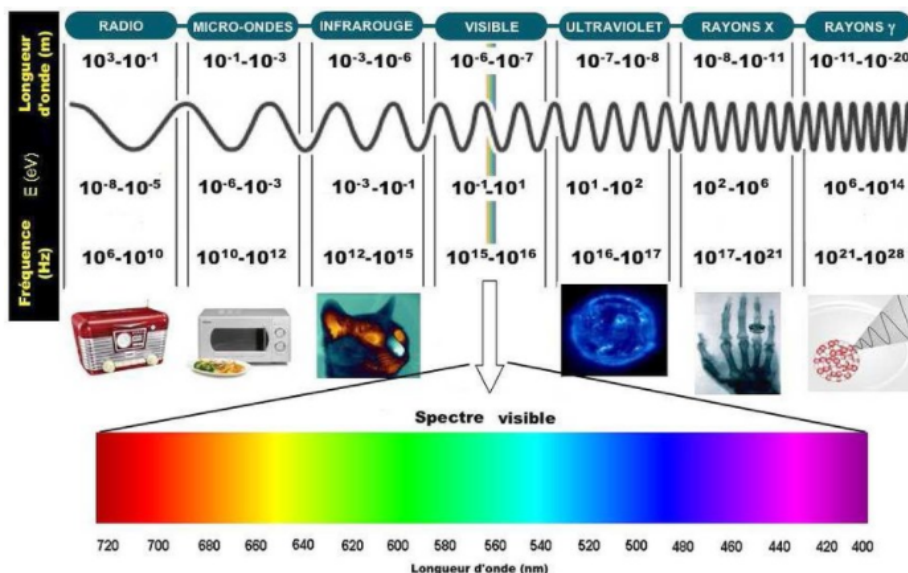
La communication peut-être :

Simplex	Duplex	
	Half-Duplex	Full-Duplex
L'information n'est transportée que dans un seul sens	L'information est transportée dans les deux sens mais l'un après l'autre. Les deux équipements ne peuvent pas envoyer en même temps	L'information est transportée simultanément dans les deux sens.
		

Nature de l'information transmise :

La nature est de type :

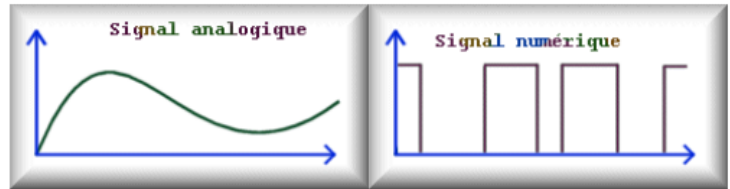
- Électrique (tension ou courant) ;
- Ondes électromagnétiques :
 - Dans le visible : la lumière (cas de la fibre optique ou la [Li-Fi](#)) ;
 - Dans l'infra-rouge (télécommande infra-rouge)
 - Radio-fréquences (radio, télévision, Bluetooth, Wifi, etc)



Animation Ostralo.net : cliquer sur l'image

Types d'informations transmises

Vous savez que les informations sont de trois types (analogiques, logique ou numérique).

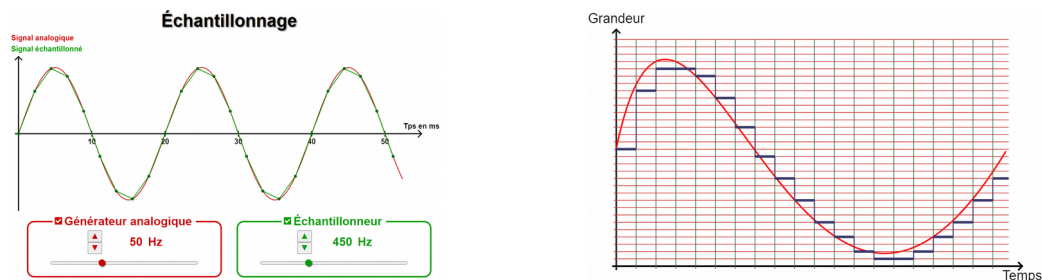


Grandeurs Analogiques vs Numériques

L'information n'est pas transcrite de la même façon dans les circuits analogiques et numériques. Les systèmes numériques utilisent la **quantification** et un **codage** de l'information tandis que les systèmes analogiques travaillent sur des valeurs à **variation continue**.

Les deux animations suivantes permettent de mettre en évidence l'échantillonnage d'un signal analogique et sa conversion numérique. Cela sera vu plus en détail lors du cours sur la conversion analogique-numérique.

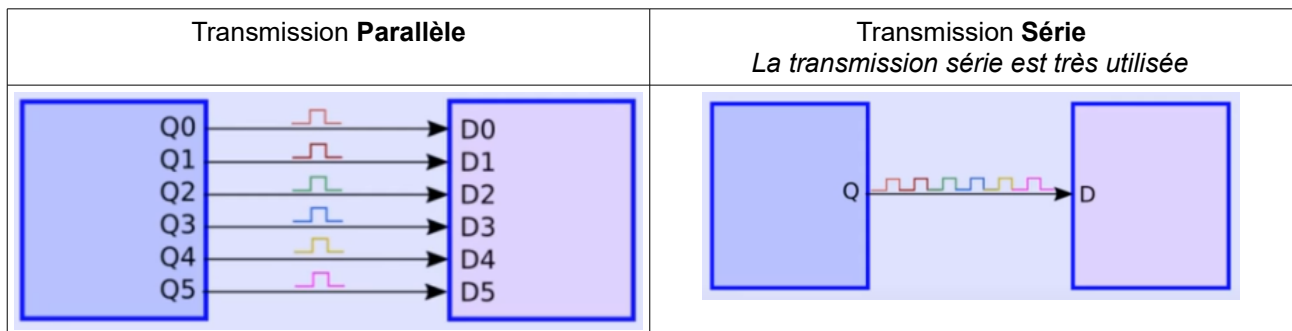
Cliquer sur les images pour accéder aux animations.



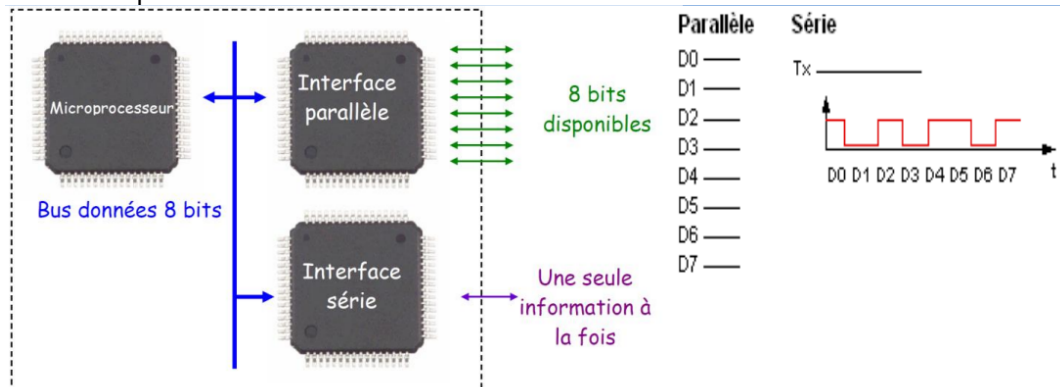
Transmission série ou parallèle

Lien vers [Electro-Bidoudouilleur](#)

On distingue deux types de transmission filaire :



Exemple d'interface parallèle et série dans un ordinateur :



Informations transmises

Les informations transmises sont des caractères.

Attention il existe des caractères **non imprimables** que l'on nomme des caractères de contrôle ([wikipedia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Caract%C3%A8res_de_contr%C3%B4le)) tel que saut de page (FF), saut de ligne (LF), retour-chariot (CR), tabulation horizontale (HT), etc.

La norme de codage ASCII

Les caractères sont codés en ASCII (se prononce Aski). C'est la norme de codage de caractères la plus influente à ce jour. ASCII définit 128 codes à 7 bits.

Table de codes ASCII

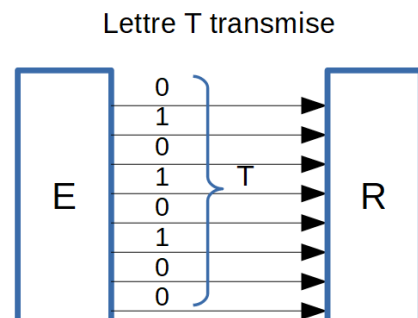
					0	1	2	3	4	5	6	7
Binaire					0	1	2	3	4	5	6	7
b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	HEXA							
0	0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`
0	0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a
0	0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b
0	0	1	1	0	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c
0	1	0	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d
0	1	0	1	0	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e
0	1	1	0	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f
0	1	1	1	0	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g
1	0	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h
1	0	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i
1	0	1	0	0	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j
1	0	1	1	0	B	VT	ESC	+	;	K	[	k
1	1	0	0	0	C	FF	FS	,	<	L	\	l
1	1	0	1	0	D	CR	GS	-	=	M	]	m
1	1	1	0	0	E	SO	RS	.	>	N	^	n
1	1	1	1	0	F	SI	US	/	?	O	_	o
												DEL

Exemple : le mot « Test » sera codé de la manière suivante

Codage	T	e	s	t
Binaire	1010100	1100101	...	...
Hexadécimal	54	65	...	...

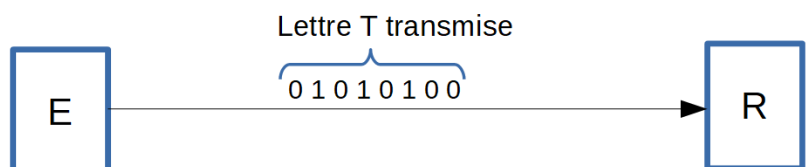
Exemple : lettre T transmise par une liaison parallèle

La transmission d'effectue entre émetteur E et un récepteur R



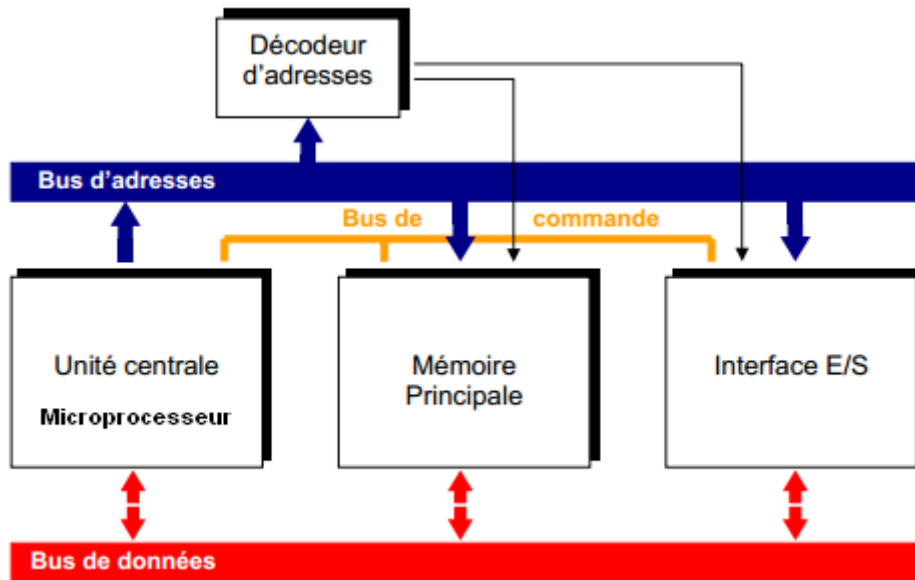
Exemple : lettre T transmise par une liaison Série

La transmission d'effectue entre émetteur E et un récepteur R



Transmission Parallèle :

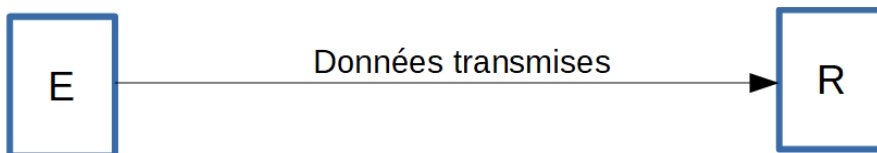
La transmission parallèle est utilisée pour les très courtes distances nécessitant un débit très élevé (exemple ci-après : bus de communication d'un microprocesseur permettant la communication entre les différents éléments du microprocesseur).



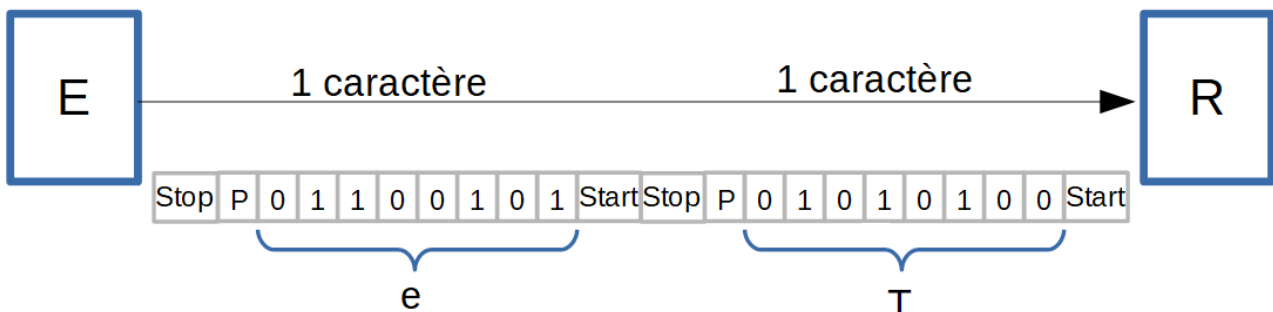
Transmission Série:

Deux types de transmission Série :

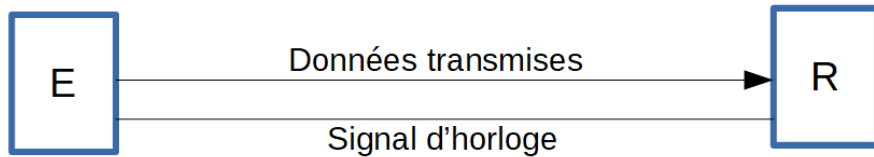
- **Asynchrone** : l'émetteur et le récepteur doivent être paramétrés à l'identique (vitesse de transfert, nombre de bits de données, parité, nombre de bits de stop).



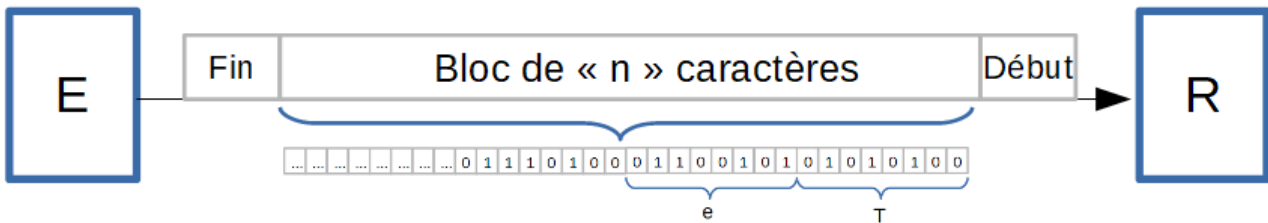
Pour envoyer les caractères, l'échange doit se faire en encadrant chaque caractère par un bit de Start, un ou deux bits de stops (paramétrable) et avec ou sans bit de parité (P : également paramétrable)



- **Synchrone** : l'émetteur et le récepteur sont cadencés par une horloge. A chaque coup d'horloge, un bit est envoyé. La fréquence de l'horloge peut varier selon la quantité d'informations à envoyer.

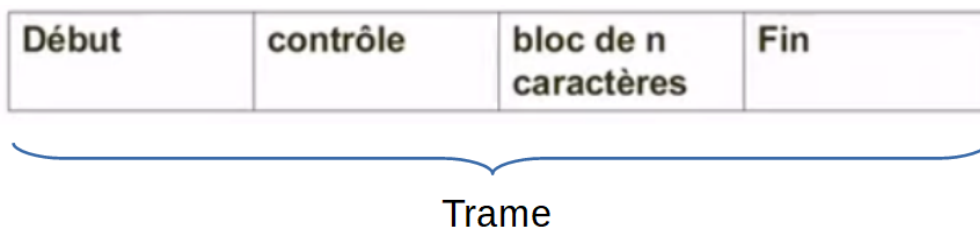


Contrairement à la liaison asynchrone, les données à transférées seront composés de « n » caractères et encadrées par un message de « Début » et de « Fin ».



Exercice Transmission synchrone :

La transmission se fait par bloc de 100 caractères de 8 bits, un drapeau de debut et un drapeau de fin, chacun de 8 bits et un champs de contrôle de 48 bits.



Question : Combien de bits sont envoyés et quel est le temps de transmission si l'horloge à une fréquence est de 115200 bits/s ?

Exercice Transmission asynchrone :

Le message est composé de 100 caractères de 8 bits, avec 2 bits de stop et 1 bit de start.

Question : Combien de bits sont envoyés et quel est le temps de transmission si l'horloge à une fréquence est de 115200 bits/s ?

Bus de transmission Série les plus courants

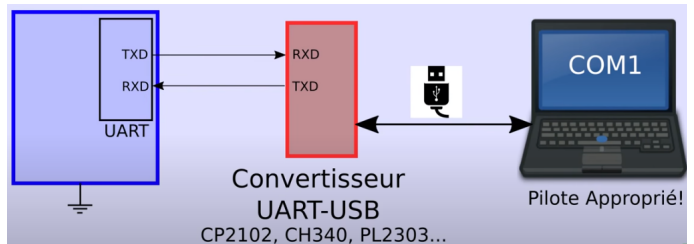
Parmi les bus les plus courants on retrouve les bus UART, SPI, I2C (équipant les petites cartes des prototypage type Arduino, ESP32, Raspberry Pi, etc), les bus RS322, CAN (rien à voir avec le CAN de la conversion Analogiques/Numérique, c'est le bus équipant tous les véhicules), le bus USB, etc.

Les bus Asynchrones

Le bus UART

Le bus UART est extrêmement courant sur les cartes électroniques, c'est le bus qui permet la communication avec ceux-ci.

Des passerelles telles que les deux images présentées ci-contre permettent de faire l'interconnexion avec de telles cartes électroniques.



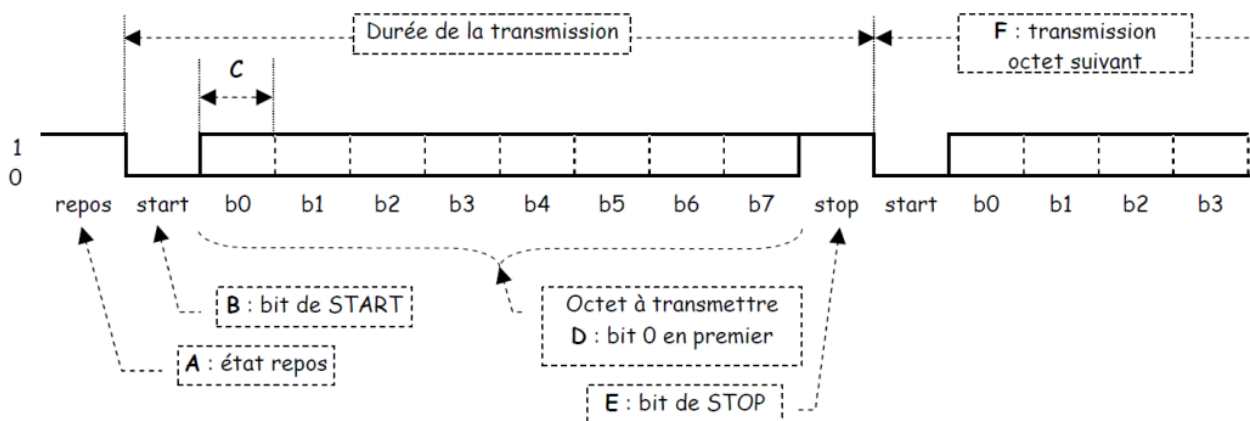
Les cartes arduino intègrent de base l'interface USB/UART nécessaire à la communication entre le PC et la carte.



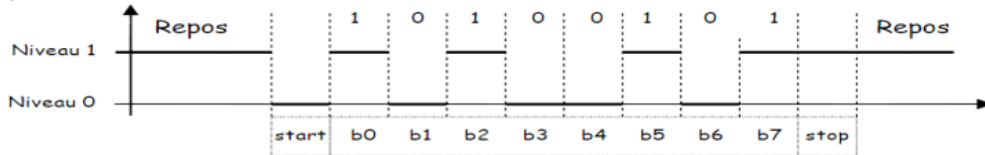
Ci-dessous le format de la transmission UART. (Attention : les bits de poids faibles sont envoyés en premier ce qui est souvent le cas).

Nous prendrons le cas d'un octet transmis en série, les bits seront envoyés les uns après les autres.

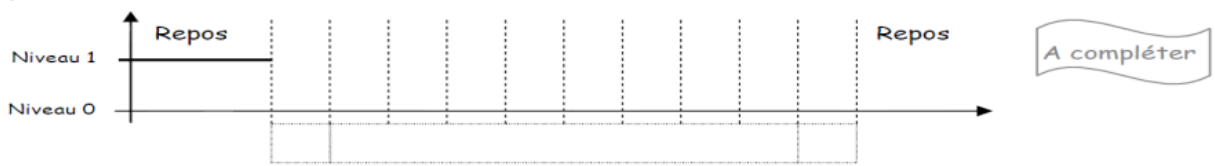
- A. L'état repos est le niveau 1
- B. La transmission commence par un bit à 0 c'est le bit de START
- C. Tous les bits ont la même durée
- D. On commence par envoyer le bit de poids faible b0
- E. La transmission se termine par un bit à 1 (état repos) c'est le bit de STOP
- F. On repasse à l'état repos ou on transmet l'octet suivant



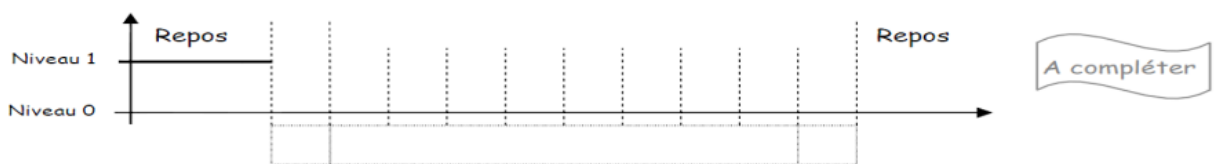
Exemple 1 : donnée à transmettre 0xA5 soit en binaire 0b10100101



Exemple 2 : donnée à transmettre 0x64 soit en binaire 0b



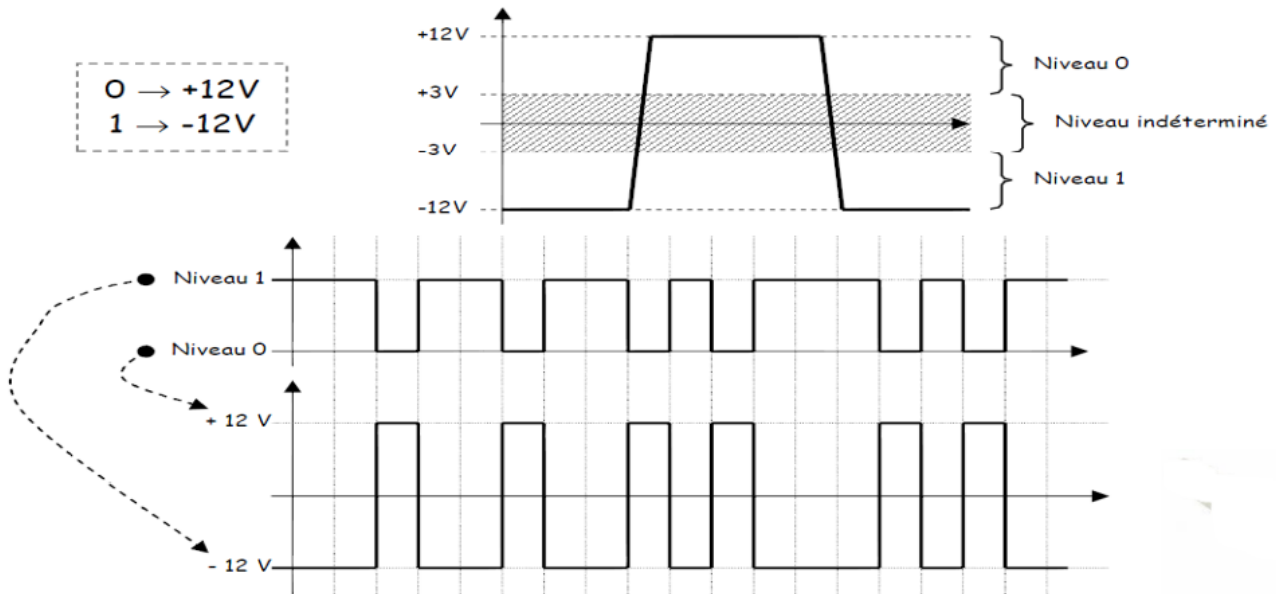
Exemple 3 : donnée à transmettre 0x3A soit en binaire 0b



Bus RS232

Un niveau logique "0" est représenté par une tension de +3V à +25V et un niveau logique "1" par une tension de -3V à -25V

Ordinairement, des niveaux de +12V et -12V sont utilisés. On peut considérer que le signal subit une inversion et que son niveau est augmenté le rendant ainsi moins sensible aux perturbations ce qui permet de relier des équipements à une distance de 15m environ.



Gestion de la parité sur les bus UART et RS232

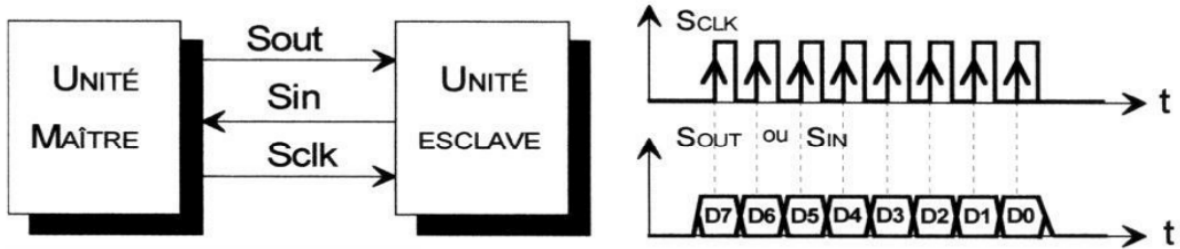
Exemple :

Type de parité	Donnée	Bit de parité	Nombre total de 1
Paire	0 0 1 1 0 1 0 0	3 bit à 1	3 + 1 → 4 → pair
Impaire	0 0 1 1 0 1 0 0	3 bit à 1	3 + 0 → 3 → impair
Paire	0 1 1 1 0 1 0 0	4 bit à 1	4 + 0 → 4 → pair
Impaire	0 1 0 1 1 1 0 0	4 bit à 1	4 + 1 → 5 → impair

Les bus Synchrones

Dans ce dispositif, la transmission est synchronisée par un signal d'horloge émis par l'unité maître : les informations binaires transitent sur un ou deux fils (dans les deux sens) au rythme du signal d'horloge.

Les bus couramment rencontrés en Sciences de l'ingénieur sont les bus I2C et SPI.



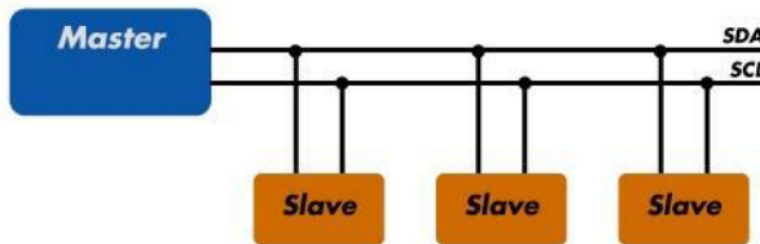
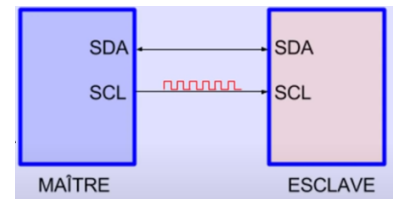
Le bus I2C

Lien vers [Electro-Bidoudouilleur](#)

Lien vers documentation [Wikipédia](#)

La communication se fait grâce à deux signaux :

- SDA (Serial DATA) où circulent les données dans les deux sens.
- SCL (Serial CLOCK) générée par l'unité maître qui synchronise la communication avec les unités esclaves



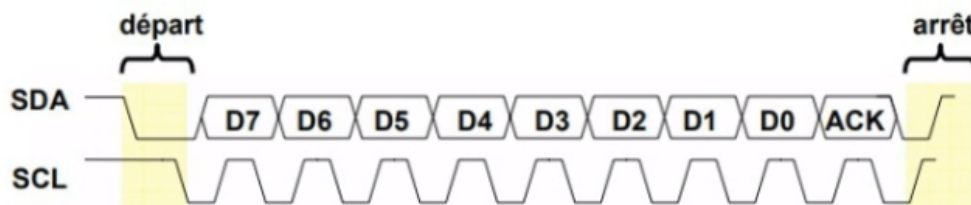
Pour être identifiés sur le bus par l'unité maître, chaque unité esclave doit posséder une adresse. Ces adresses sont définies en fonction de la catégorie des unités esclaves (capteurs, gestion E/S, convertisseur, etc).

La communication est half-duplex.

Les esclaves peuvent devenir maître du contrôle du bus, et le maître devient alors esclave.

Transmission d'un seul octet (Interprétation du chronogramme extrait d'un datasheet)

Ci-dessous la forme pour la transmission d'un seul octet. Il est possible de transmettre plusieurs octets, auquel cas la condition d'arrêt n'intervient qu'à la fin de la transmission.



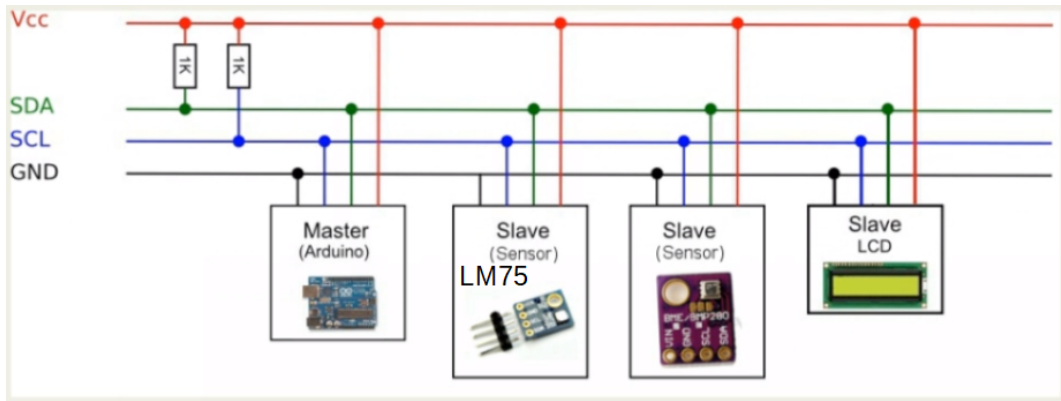
Condition de départ (start) :

Condition de fin (stop) :

Ordre des bits transmis pour un octet à transmettre :

L'état d'un bit de l'octet peut-il changer pendant le temps au niveau haut du signal d'horloge ?

Exemple de communication sur les lignes SDA et SCL entre un arduino et un LM75 (capteur température) :



Extrait datasheet LM75 :

TOP VIEW

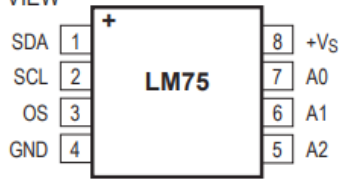


Table 1. Slave Address

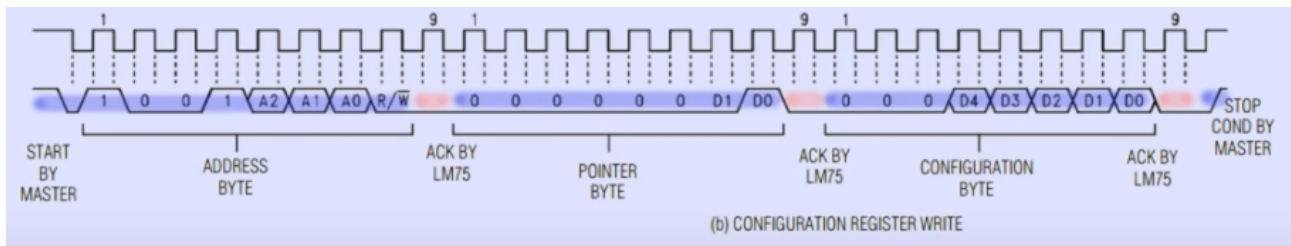
BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
1	0	0	1	A2	A1	A0	R/W

Table 2. Register Functions

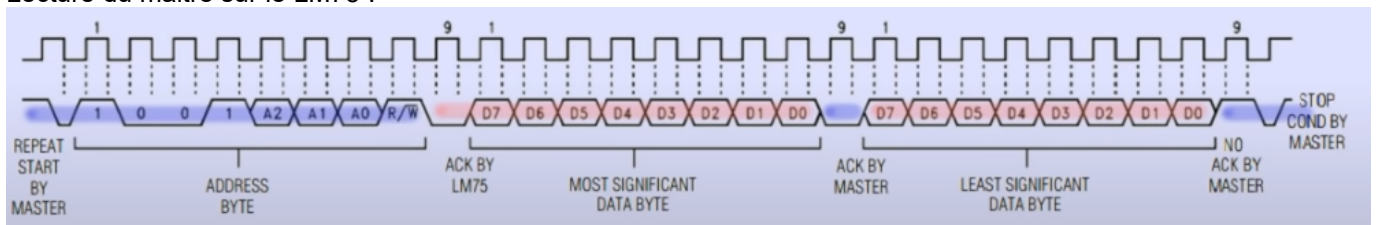
REGISTER NAME	ADDRESS (hex)	POR STATE (hex)	POR STATE (binary)	POR STATE (°C)	READ/ WRITE
Temperature	00	000X	0000 0000 0XXX XXXX	—	Read only
Configuration	01	00	0000 0000	—	R/W
T _{HYST}	02	4B0X	0100 1011 0XXX XXXX	75	R/W
T _{OS}	03	500X	0101 0000 0XXX XXXX	80	R/W

X = Don't care.

Écriture du maitre vers le LM75 :



Lecture du maitre sur le LM75 :



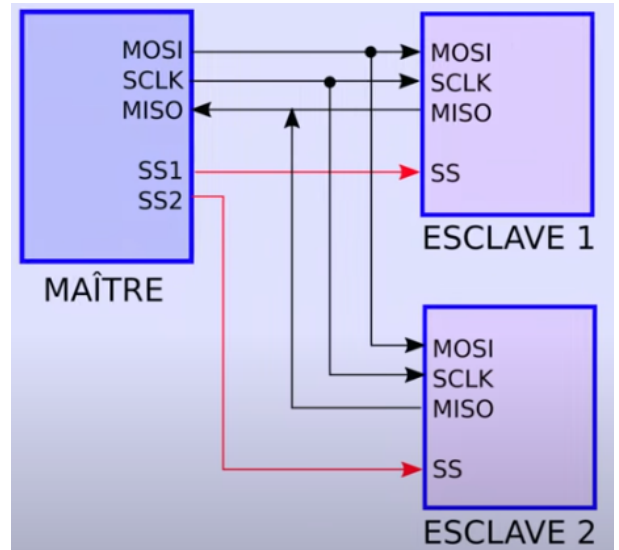
Le bus SPI

Lien vers [Electro-Bidoudouilleur](#)

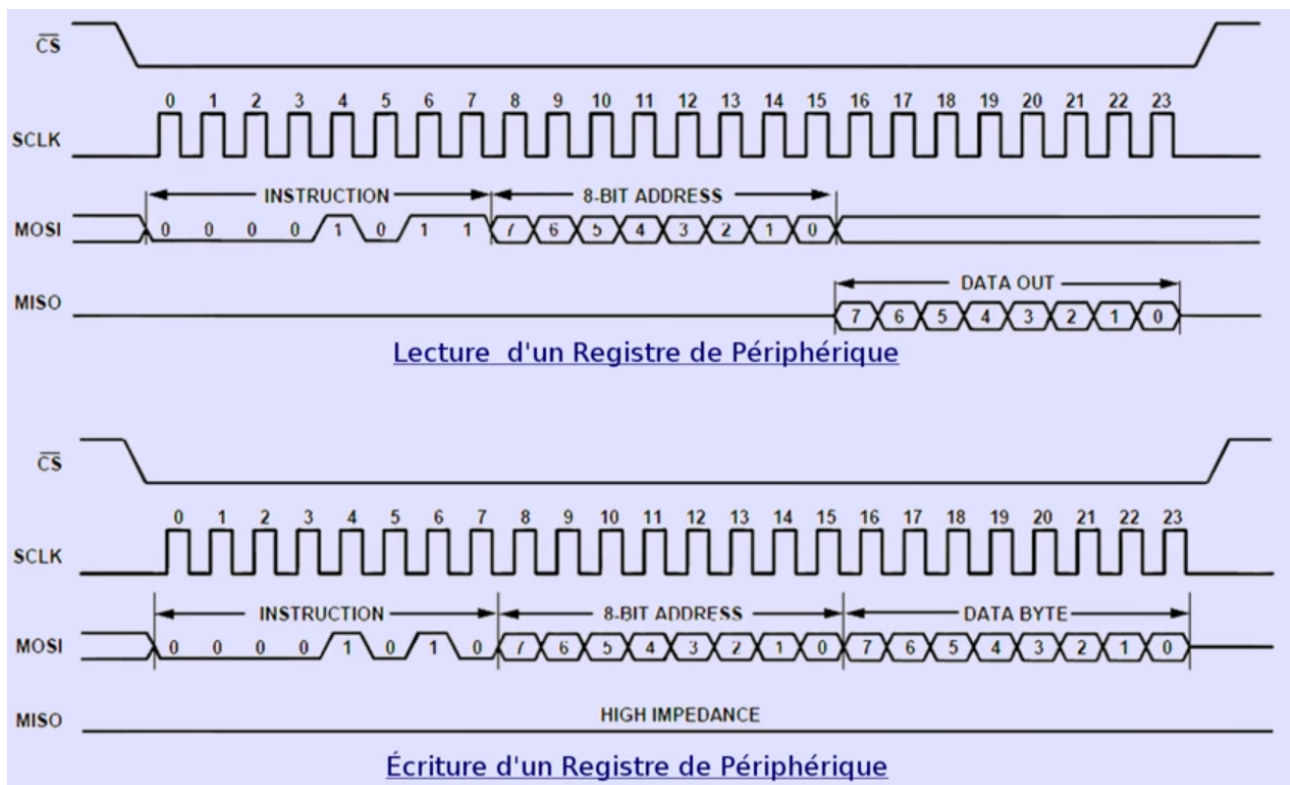
Une liaison SPI (Serial Peripheral Interface) est un bus de donnée série synchrone qui opère en Full Duplex. Les circuits communiquent selon un schéma maître-esclaves, où l'unité maître gère la communication. Plusieurs esclaves peuvent coexister sur un bus, la sélection du destinataire se fait par une ligne dédiée entre le maître et l'esclave appelée *chip select*.

La communication se fait grâce à trois ou quatre signaux :

- SCLK : horloge générée par l'unité maître
- MOSI : Master Output Slave Input. Transmission des données du **maître vers l'esclave**.
- MISO : Master Input Slave Output. Transmission des données depuis l'**esclave vers le maître**.
- SS : Slave Select (actif à l'état bas) générée par l'unité maître.



Transmission de l'information :

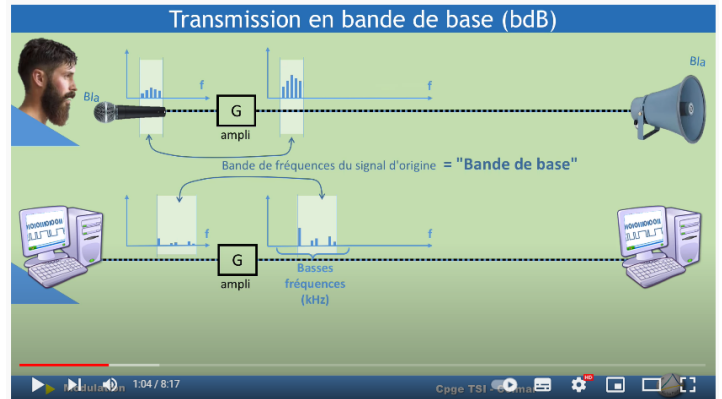


Modulation / Démodulation

La modulation / démodulation est utilisée pour transmettre des informations numériques et analogiques. Par contre l'information modulée est toujours de nature analogique. Le MODEM présent dans vos box internet permet cette modulation / démodulation.

Pourquoi moduler l'information ?

Définition d'un signal en bande de base : le signal en bande de base n'est rien d'autre que le signal de message original que l'utilisateur veut réellement transmettre et qui n'est pas converti ou on peut dire non modulé.



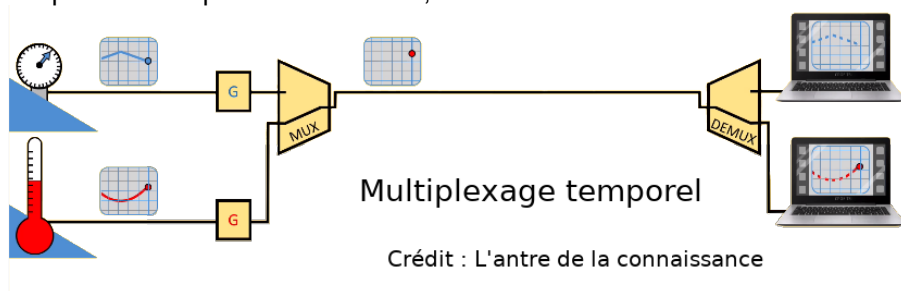
La voix n'est pas réellement transportable en bande de base :

- Un seul message possible (si plusieurs interlocuteurs, les messages sont mélangés et incompréhensibles).
- Nécessiterait des antennes gigantesques dans le cas d'une transmission radio.

Le signal est donc porté par une onde porteuse (carrier en anglais) de fréquence adaptée, on parle alors de modulation.

Multiplexage temporel :

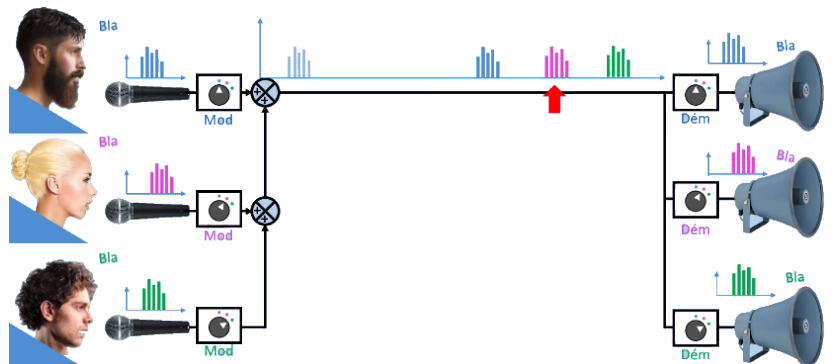
Lorsque les informations à transmettre varient peu (exemple température et pression) il est possible d'utiliser le multiplexage temporelle mais pas en mode radio, donc filaire.



La modulation (ou multiplexage fréquentiel) :

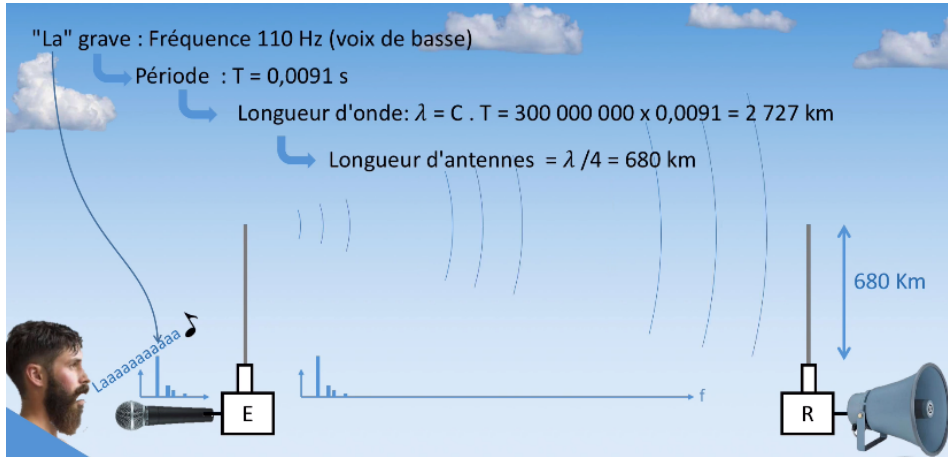
La modulation va permettre de déplacer l'information à transmettre dans les hautes fréquence (on parle de **bande large ou bande transposée**).

Chacun des signaux (bleu, rose et vert) ont été modulés par trois porteuses de hautes fréquences différentes pour que les trois signaux soient transportables simultanément sans être mélangés. La modulation consiste, à la réception, en l'opération inverse : c'est à dire à passer de la **Bande Large** à la **Bande de Base**.



Pourquoi ne peut-on pas transmettre en bande de base ?

L'exemple ci-dessous explique très bien la problématique (cliquer sur l'image pour l'explication en vidéo).



- Si l'on souhaitait transmettre un « LA » grave à 110 Hz, cela nécessiterait une antenne quart d'onde de 680 km de hauteur (oups!).
- Le fait de moduler le signal à 1 MHz permettrait d'utiliser une antenne de 8 cm (déjà plus raisonnable !)

Les types de modulations

Il existe différents types de modulations plus ou moins complexes.

Les modulations de signaux analogiques :

- Modulation d'amplitude AM (les grandes longueurs d'ondes sur votre poste radio..)
- Modulation de fréquence FM (les courtes ondes types RTL2, Skyrock, etc)

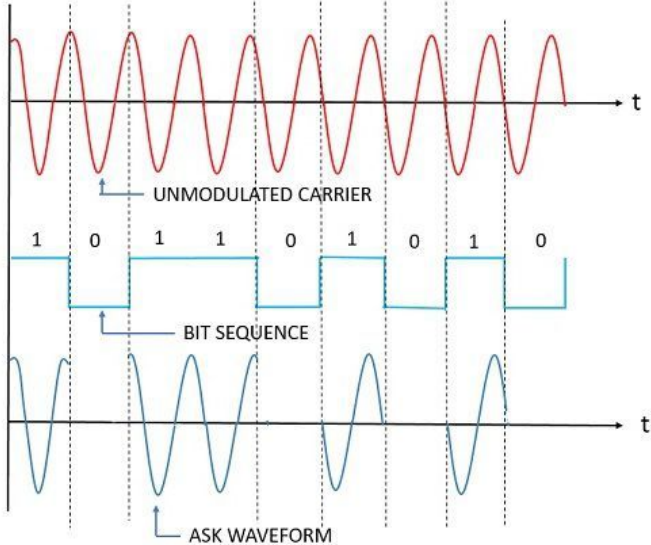
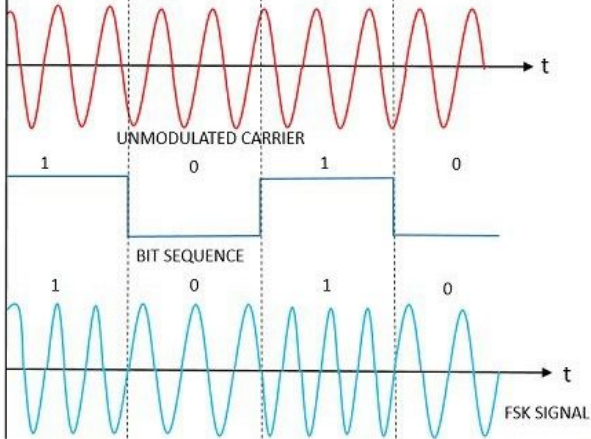
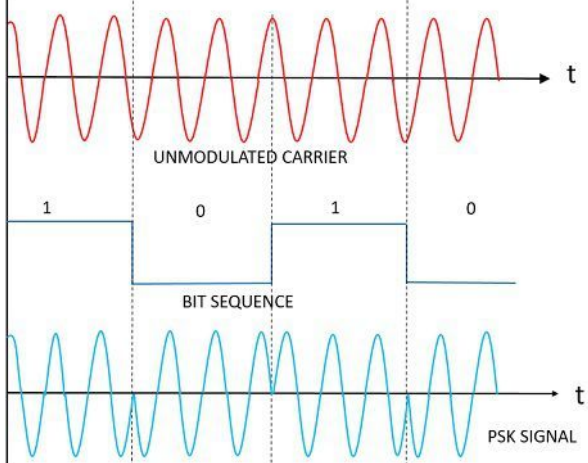
Les modulations de signaux numériques :

- Modulation ASK
- Modulation PSK
- Modulation FSK

Modulation analogique

MODULATION ANALOGIQUE	
<p>Modulation d'amplitude : C'est le processus dans lequel l'amplitude du signal porteur varie en fonction de l'amplitude du signal du message. Ce mode de modulation est très simple et permet de moduler directement n'importe quel signal en bande de base. C'est le moyen de modulation le plus efficace et le plus simple.</p> <p><i>Em</i> : le signal à transmettre <i>Ec</i> : la porteuse pour transposer le message à haute fréquence <i>Ec+Em</i> : le signal modulé</p>	<p style="text-align: center;">AMPLITUDE MODULATED SIGNAL</p>
<p>Modulation de fréquence : Ce type de modulation trouve principalement son application lors des communications radio. Lorsque la fréquence de la porteuse varie en fonction de l'amplitude du signal porteur d'informations, cette modulation est appelée modulation de fréquence. Ici, l'amplitude de la porteuse reste constante. En cela, l'information est véhiculée par variation de fréquence. Le facteur le plus important est la quantité de variation de la fréquence du signal. Un meilleur SNR peut être obtenu via FM par rapport à AM en cas de bande passante plus large.</p> <p><i>Em</i> : le signal à transmettre</p>	<p style="text-align: center;">FREQUENCY MODULATED SIGNAL</p>

Modulation numérique

MODULATION NUMERIQUE	
<p>Amplitude Shift Keying (ASK) : Le signal transportant le flux binaire numérique est modulé avec l'amplitude du signal porteur.</p>	 <p>The diagram illustrates Amplitude Shift Keying (ASK). It consists of three vertically stacked waveforms sharing a common time axis 't'. The top waveform is a red sine wave labeled 'UNMODULATED CARRIER'. The middle waveform is a blue square wave labeled 'BIT SEQUENCE' with values 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0. The bottom waveform is a blue sine wave labeled 'ASK WAVEFORM' where the carrier is present for '1' and absent for '0'. Vertical dashed lines align the bit transitions across the three waveforms.</p> <p>AMPLITUDE SHIFT KEYING WAVEFORM</p>
<p>Modulation par déplacement de fréquence (FSK) : dans ce cas, la fréquence du signal porteur varie en fonction du flux de bits numériques du signal porteur d'informations</p>	 <p>The diagram illustrates Frequency Shift Keying (FSK). It consists of three vertically stacked waveforms sharing a common time axis 't'. The top waveform is a red sine wave labeled 'UNMODULATED CARRIER'. The middle waveform is a blue square wave labeled 'BIT SEQUENCE' with values 1, 0, 1, 0. The bottom waveform is a blue sine wave labeled 'FSK SIGNAL' where the frequency is higher for '1' and lower for '0'. Vertical dashed lines align the bit transitions across the three waveforms.</p> <p>FREQUENCY SHIFT KEYING WAVEFORM</p> <p>Electronics Coach</p>
<p>Key Shift Keying (PSK) : Cette technique garantit que les données seront transmises de manière plus efficace par rapport au FSK. Dans ce cas, la phase de la porteuse est modifiée par rapport au train de bits numériques du signal d'information.</p>	 <p>The diagram illustrates Phase Shift Keying (PSK). It consists of three vertically stacked waveforms sharing a common time axis 't'. The top waveform is a red sine wave labeled 'UNMODULATED CARRIER'. The middle waveform is a blue square wave labeled 'BIT SEQUENCE' with values 1, 0, 1, 0. The bottom waveform is a blue sine wave labeled 'PSK SIGNAL' where the phase is shifted for '0' compared to '1'. Vertical dashed lines align the bit transitions across the three waveforms.</p> <p>PHASE SHIFT KEYING WAVEFORM</p> <p>Electronics Coach</p>

La communication numérique est beaucoup moins sensible aux perturbations et dégradation des signaux qu'en communication analogique et des algorithmes de détection et la correction des erreurs peuvent être mises en œuvre facilement permettant ainsi d'interpréter des données erronées.

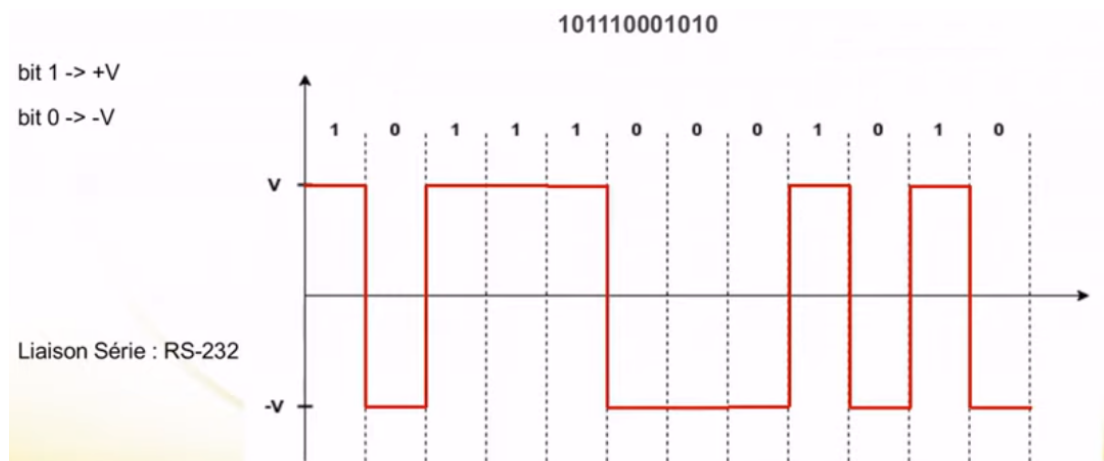
Codage de l'information

Pour véhiculer une information, les bits (0/1) contenu dans le système informatique, il est nécessaire de les transformer sous forme d'un signal électrique.



Les suites de 0/1 correspondent à des impulsions électrique. Cependant ces impulsions électriques représentatives des 0 et 1 ne peut être transmise aussi simplement. Il doit être codé sur des niveaux de tension. On appelle cela le codage en Bande de Base (bdB)

Codage NRZ (No Return to Zero)

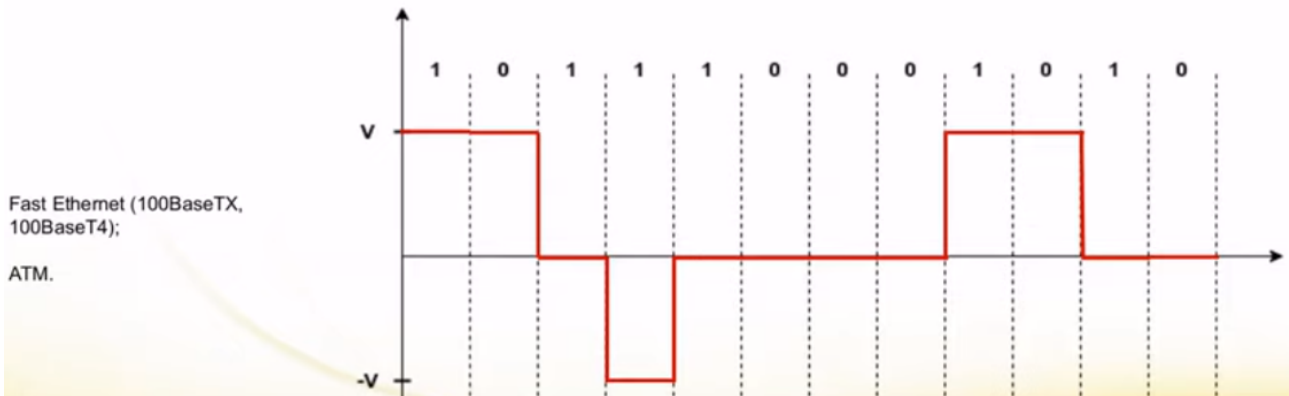


Codage NRZI (No Return to Zero Inverted)



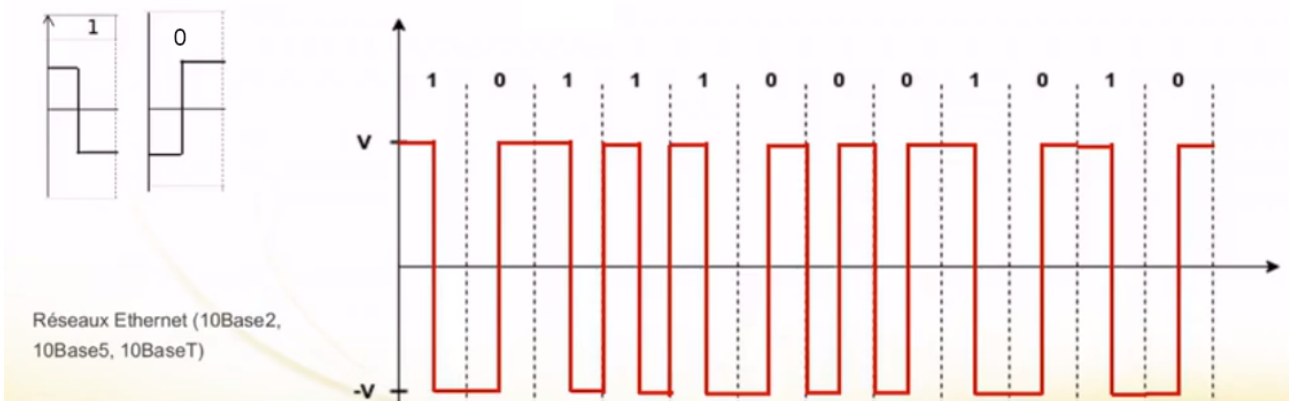
Codage MLT3

- bit 1 : changement entre 3 niveau de voltage : +v , v0 ou -v
- bit 0 : pas de changement de voltage



Codage Manchester

- bit 1 -> transition de haut en bas
- bit 0 -> transition de bas en haut



Codage Manchester différentiel

- bit 1 : inverse le sens de la transition (pas de changement du début de voltage)
- bit 0 : la transition est de même sens que la précédente (changement du début de voltage)

