

Chapitre 1. Notions sur la transmission de données

Introduction

Les réseaux informatiques peuvent relier de divers équipements. Ils peuvent permettre ainsi d'échanger plusieurs types d'informations : la voix, les données textuelles, les images, et les séquences vidéo. Si elles ne sont pas d'origines identiques elles sont toutes représentées dans les équipements numériques sous forme d'informations binaires (0 et 1). Donc, leur transmission se fait de la même manière mais sous certaines contraintes.

Un réseau informatique est donc un ensemble d'ordinateurs ou d'autres périphériques informatiques, dits terminaux, connectés entre eux par des liaisons (médiats ou supports) de transmission, et échangeant des informations sous forme de données numériques (valeurs binaires).

1. Caractéristiques des supports de transmission

▪ Affaiblissement

Le phénomène d'atténuation (affaiblissement) correspond à une perte d'énergie du signal pendant sa propagation sur le support. L'affaiblissement, exprimé en décibel (dB), est donné par la relation :

$$A = 10 \log(p_1/p_2)$$

p_1 : Puissance du signal émis.

p_2 : Puissance du signal reçu

▪ Bruit

Le bruit est un signal perturbateur provenant du support lui même ou de son environnement externe. Il est de comportement aléatoire et vient s'ajouter au signal véhiculant les informations et provoquer ainsi les erreurs de transmission.

▪ La bande passante

La bande passante d'un support est la plage de fréquence sur lequel le support est capable de transmettre des signaux sans que leur affaiblissement soit trop important. Elle est définie par :

$$W = f_{max} - f_{min}$$

Où f_{min} est la fréquence transmise la plus basse et f_{max} la plus haute.

▪ Capacité maximale des supports de transmission

La capacité maximale d'un support de transmission mesure la quantité d'informations transportée par unité de temps. Un théorème dû à *Shannon* exprime, en bits par seconde, la borne maximale de la capacité C_{max} d'un support de transmission :

$$C_{max} = W \times \log_2(1 + S/B)$$

W est la largeur de la bande passante du support exprimée en hertz, S/B représente la valeur du rapport entre la puissance du signal (notée S) et la puissance du bruit (notée B).

- **Taux d'erreur**

On appelle taux d'erreur binaire (T_e ou BER, Bit Error Rate) le rapport du nombre de bits reçus en erreur au nombre de bits total transmis.

$$T_e = \frac{\text{nombre de bits en erreur}}{\text{nombre de bits transmis}}$$

2. Principe de transmission des informations

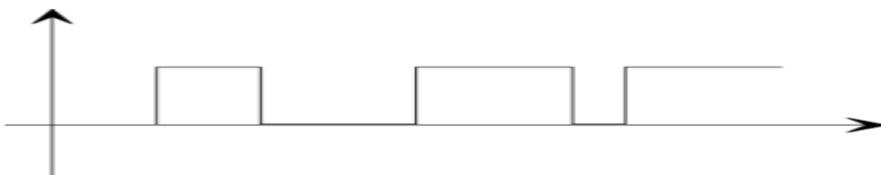
La transmission des informations d'un équipement à un autre consiste à faire transiter, sur une liaison (qui relie ces équipements), un signal portant de cette information. Elle est basée sur le principe de propagation d'ondes (ou impulsion) portant l'information sur le support les reliant. La nature de ces ondes dépend de la nature du support. Ainsi :

- **Les ondes ou impulsion électriques** se propagent sur des câbles ou fils conducteurs de l'électricité. Paire de fil, câble à paires torsadées, câble coaxial, etc. sont des exemples de câbles.
- **Les ondes lumineuses** se propagent sur des fibres optiques.
- **Les ondes radio** (faisceau hertzien, ...) se propagent sur l'air ou sur le vide.

❖ Les signaux peuvent être de forme analogique ou numérique, les signaux analogiques sont utilisés généralement pour les longues distances, et les signaux numériques pour les courtes distances.

- **Signal numérique**

Le signal numérique est caractérisé par une forme carré, une variation discontinue et un faible nombre de niveaux de valeurs fixés.



- **Signal analogique**

Un signal analogique est caractérisé par une variation continue, les niveaux de valeurs sont proportionnels aux valeurs de l'information (son, image).



3. Mesures de performances

Les performances de transmission des données peuvent être mesurées par les métriques suivantes :

3.1 Débit

Mesure la quantité d'information transmise par unité de temps :

$$\text{debit} = \frac{\text{quantité information}}{\text{temps}}$$

3.2 Taux d'utilisation

Le taux d'utilisation est le rapport du débit utile par le débit nominal

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{\text{debit utile}}{\text{debit nominal}}$$

– Le débit nominal est la quantité théorique maximale d'information pouvant être transmise par unité de temps.

– Le débit utile est la quantité d'information effectivement transmise par unité de temps.

3.3 Délai

Le délai d'acheminement (délai de transfert) d'un message est $D_a = T_t + T_p$ se compose de deux parties :

– le temps de transmission (temps d'émission) T_t est le temps mis pour transmettre la quantité d'information du message, c'est-à-dire :

$$T_t = \frac{\text{quantité information}}{\text{débit}}$$

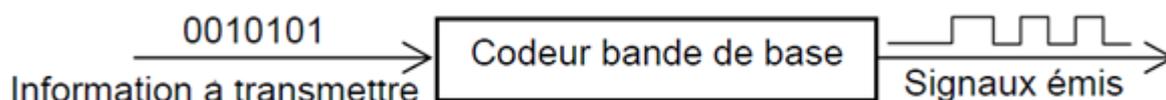
– le temps de propagation T_p est le temps mis pour que le signal se propage sur le matériel. Les équipements traversés peuvent induire des retards.

$$T_p = \frac{\text{distance parcourue}}{\text{vitesse}} + \text{retards}$$

4. Méthodes de transmission

4.1 Transmission en bande de base

- Le signal émis sur la ligne est celui obtenu après le codage, ce signal est formé d'une suite d'impulsions électriques ayant une forme (un codage) spécifique.
- La transmission en bande de base consiste donc à émettre directement, dans un câble, un signal électrique carré portant de l'information binaire.



❖ On considère la transmission d'un message constitué d'éléments binaires d_k , le codeur transforme la suite de bits d_k en une suite de symboles $\{a_k\}$ pris dans un alphabet fini. Les a_k ont tous la même durée T (intervalle significatif).

❖ Le signal à transmettre s'écrit sous la forme suivante :

$$a(t) = \sum_k a_k R_T(t - kT)$$

a_k : La valeur associée au bit d_k .

T : Durée de l'élément du signal .

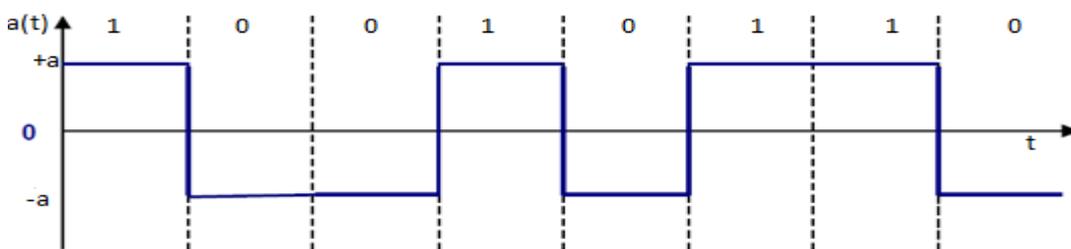
$R_T(t)$: Fonction rectangulaire = $\begin{cases} 1 & \text{si } t \in [0, T] \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$

Les codes usuels utilisés en bande de base

- **Code NRZ (No Return to Zero)**

À chaque élément binaire d_k du message, on associe une valeur a_k avec :

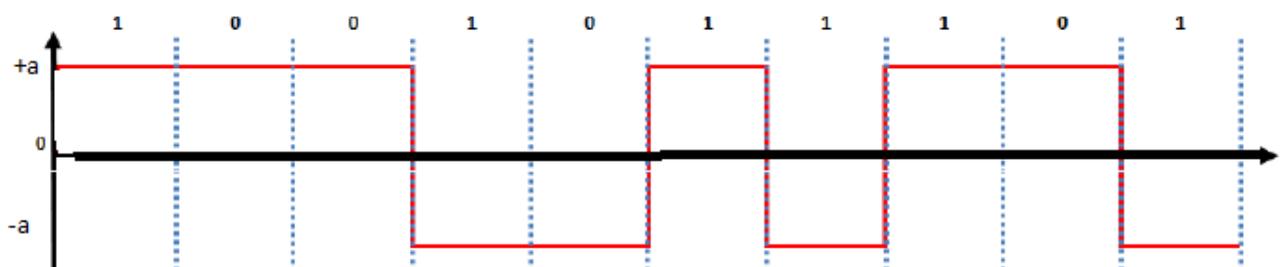
$$a_k = \begin{cases} a & \text{si } d_k = 1 \\ -a & \text{si } d_k = 0 \end{cases}$$



- **Code NRZI (No Return to Zero Inverted)**

Le signal reste dans le même état pour coder un 0 et change d'état pour coder un 1

$$a_k = \begin{cases} [\alpha_k, \beta_k] \text{ tel que } (\alpha_k = \beta_k) \wedge (\alpha_k = \beta_{k-1}) & \text{si } d_k = 0 \\ [\alpha_k, \beta_k] \text{ tel que } (\alpha_k = \beta_k) \wedge (\alpha_k \neq \beta_{k-1}) & \text{si } d_k = 1 \\ a_k \in \{a, -a\}, \beta_0 = -a \end{cases}$$



- **Code de Miller**

Pour coder un 1 :

- un changement d'état au milieu du moment élémentaire

Pour coder un 0 :

- le signal reste constant si le bit précédent était à 1.
- un changement d'état au début du moment élémentaire si le bit précédent était à 0

$$a_k = \begin{cases} [\alpha_k, \beta_k] \text{ tel que } (\alpha_k = \beta_k) \wedge (\alpha_k \neq \alpha_{k-1}) \text{ si } d_k = 0 \\ [\alpha_k, \beta_k] \text{ tel que } (\alpha_k \neq \beta_k) \wedge (\alpha_k = \beta_{k-1}) \text{ si } d_k = 1 \\ a_k \in \{a, -a\}, \alpha_0 = +a, \beta_0 = -a \end{cases}$$



- **Code biphasé ou Manchester**

Introduit une transition au milieu de chaque moment élémentaire

- Un front montant à la demi-période du moment élémentaire lorsque le bit est à 1
- Un front descendant à la demi-période du moment élémentaire lorsque le bit est à 0

$$a_k = \begin{cases} [a, -a] \text{ si } d_k = 0 \\ [-a, +a] \text{ si } d_k = 1 \end{cases}$$

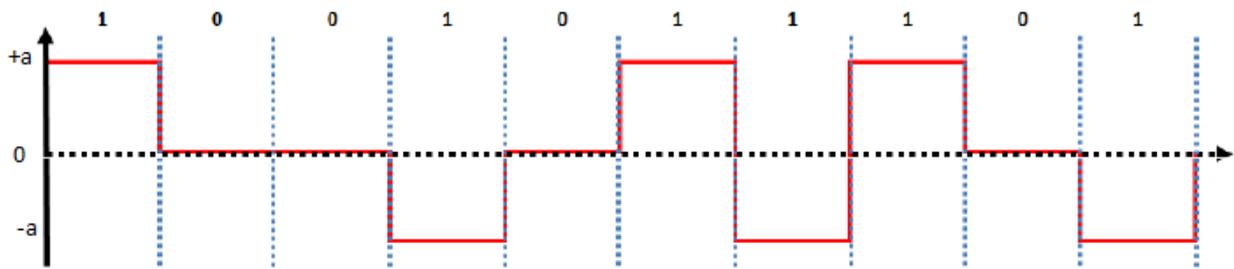


- **Code bipolaire simple**

- Si le bit est à 0 alors le niveau résultant est nul
- Si le bit est à 1, alors le niveau est alternativement égal à +a et -a

- $$a_k = \begin{cases} 0 \text{ si } d_k = 0 \\ a \text{ si } m = 2n + 1, n \in N \\ -a \text{ si } m = 2n, n \in N \end{cases}$$

m est le numéro (ordre) du bit dans la suites des bits à 1

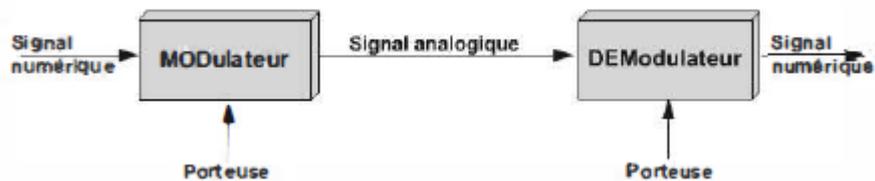


Limitation de la transmission en bande de base

Les signaux en bande de base sont sujet à une *atténuation* au fur est à mesure de la distance parcouru: ce qui signifie que le transport par des signaux numériques n'est possible qu'à courte distance. Pour des longues distances, il faut employer une autre méthode : *la modulation*.

4.2 Transmission modulée

La modulation est réalisée par un MODEM (MODulateur DEModulateur) dont le rôle est de transformer le signal numérique en signal analogique et inversement.

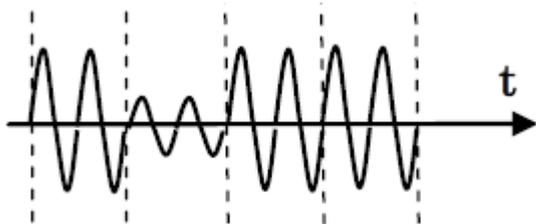


La modulation utilise une onde sinusoïdale de référence appelée *porteuse*. Le signal modulé $s(t)$ est obtenu en variant les paramètres de l'onde porteuse représentée par :

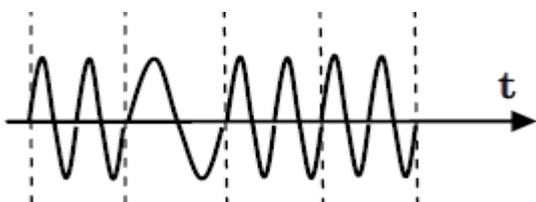
$$p(t) = A\cos(2\pi ft + \varphi)$$

➤ On distingue trois types de base de modulation :

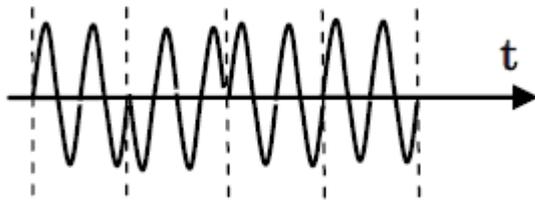
4.2.1 Modulation d'amplitude : lorsque les variations portent sur A



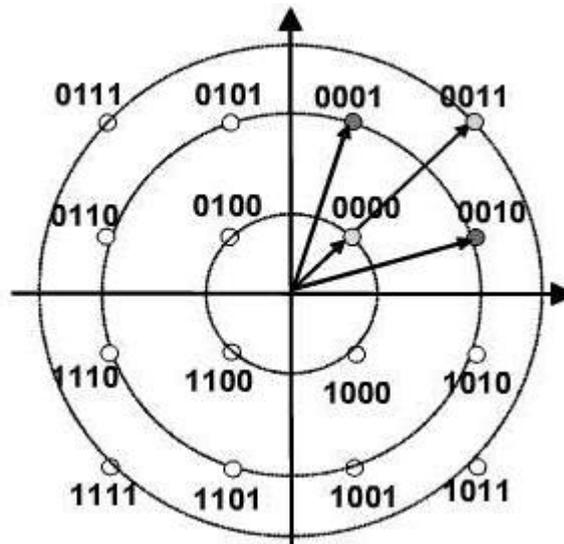
4.2.1 Modulation de fréquence : lorsque les variations portent sur f



4.2.3 Modulation de phase : lorsque les variations portent sur φ



- On peut aussi combiner les modulations précédentes, pour obtenir des schémas de modulation complexes mais très efficaces. Comme par exemple la modulation en phase et en amplitude appelé modulation en amplitude à porteuse en quadrature **QAM** (Quadrature Amplitude Modulation).
- Cette figure représente le diagramme spatial d'un schéma de modulation à 16 états (QAM 16), chaque état de phase est codé sur 4 bits.



Rapidité de modulation et débit binaire

▪ Rapidité de modulation

La rapidité de modulation est le nombre de changements d'états par seconde. L'unité de mesure de la rapidité de modulation R est le baud : $R = \frac{1}{\Delta} \text{ bauds}$

Où Δ est l'intervalle de temps entre deux changements d'état, appelé *intervalle significatif*.

▪ Débit binaire

Le débit binaire est nombre de bits transmis par seconde sur un support de transmission.

$$D = \frac{1}{T} \text{ bits/s}$$

T est le temps de transmission d'un bit.

- La relation liant la rapidité de modulation au débit binaire est exprimé par la formule :

$$D = R \log_2(v)$$

Où v désigne **la valence** du signal représentant le nombre des états significatifs que peut prendre le signal.

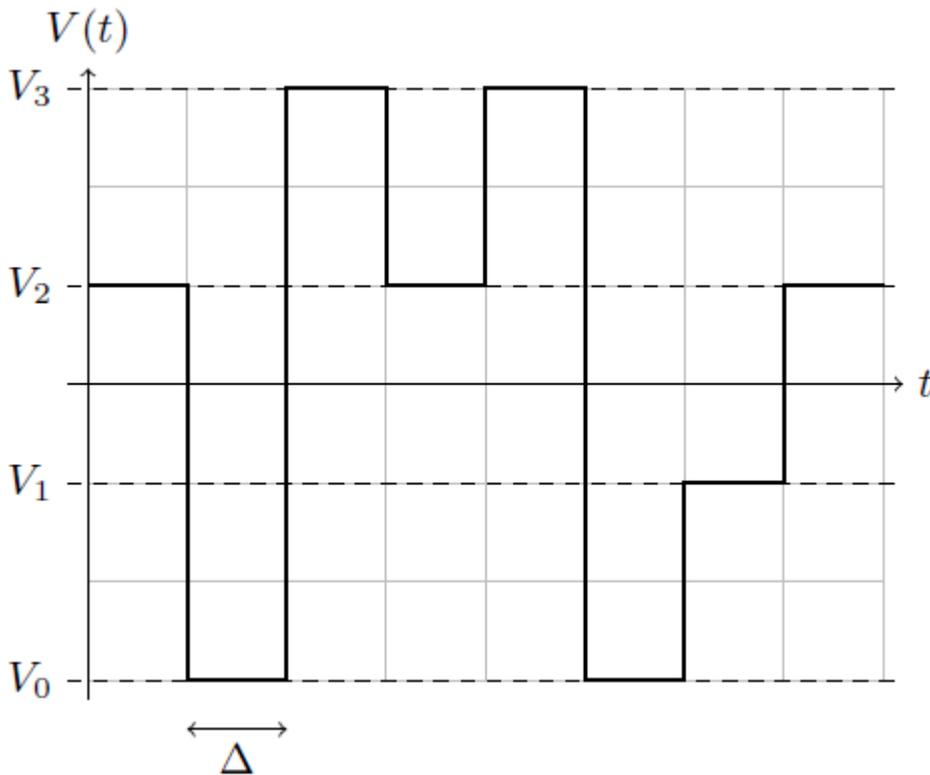
Exemple :

Soit le signal numérique représenté dans la figure ci-dessous :

Supposons que V_0 code 00, V_1 code 01, V_2 code 10 et V_3 code 11. Le signal représenté est **1000111011000110**. Le débit est de 2 bits toutes les Δ secondes. Donc $D = \frac{2}{\Delta}$ bits/s. La rapidité de modulation est $R = \frac{1}{\Delta}$ bauds soit la moitié du débit binaire.

Si un état transporte n bits, il faut un signal de valence $v = 2^n$. On a alors un débit : $D = nR$

Comme $n = \log_2(v)$: $D = R \log_2(v)$



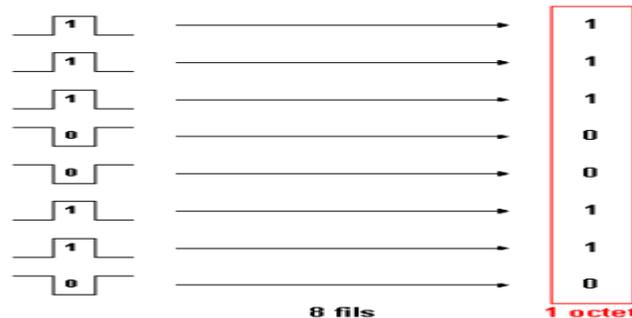
5. Modes de transmission

La communication entre deux machines numériques peut-être réalisée par différentes techniques :



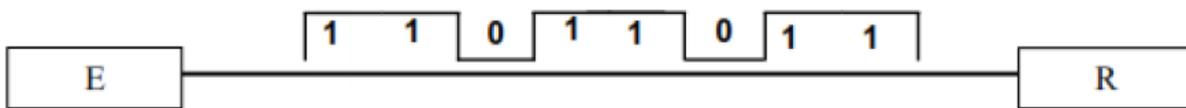
5.1 Transmission parallèle

Les bits sont envoyés sur des fils distincts pour arriver ensemble à destination, par exemple pour transmettre un octet, on émet huit signaux sur huit fils différents. Elle est surtout utilisée pour des liaisons de courtes distances,

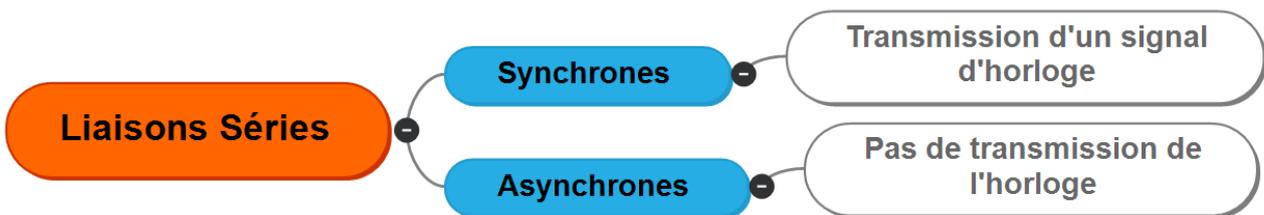


5.2 transmission série

Les bits sont envoyés les uns derrière les autres sur un unique support de transmission. Ce mode de transmission est en général utilisé pour les communications à longue distance.

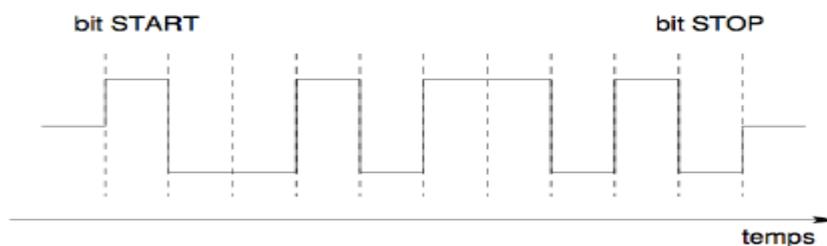


La succession des caractères se fait de 2 façons distinctes : synchrone ou asynchrone.



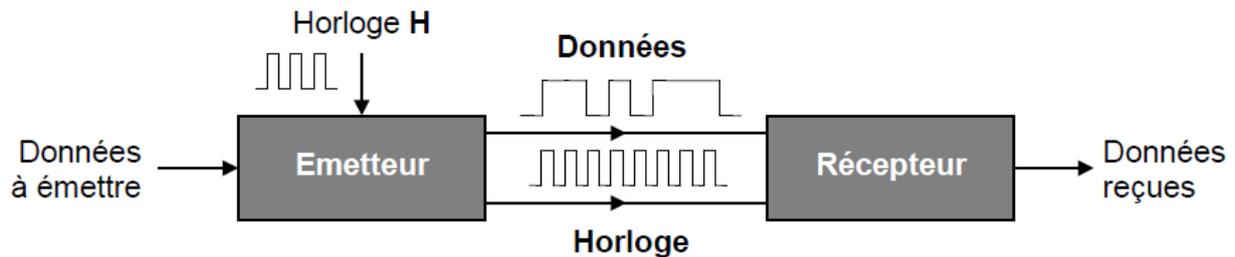
5.1.1 Transmission asynchrone

La transmission peut être effectuée n'importe quand, et ne dépend pas d'intervalles de temps précis. Le récepteur commence la réception à l'arrivée d'un bit START et la conclue à l'arrivée d'un bit STOP.



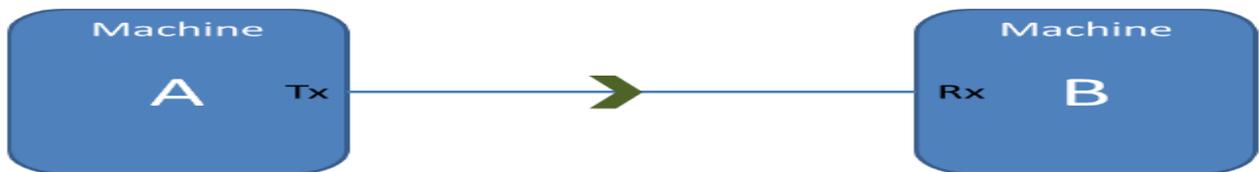
5.1.2 Transmission synchrone

En transmission synchrone, les données sont émises de façon **régulière**, sans séparation entre les différentes données. Pour cela, un signal d'horloge de période **T** fonctionne pendant toute la durée de l'émission. Pour assurer la synchronisation, le récepteur doit reconstituer, à un décalage près, le rythme du signal d'horloge qui a servi à l'émission.

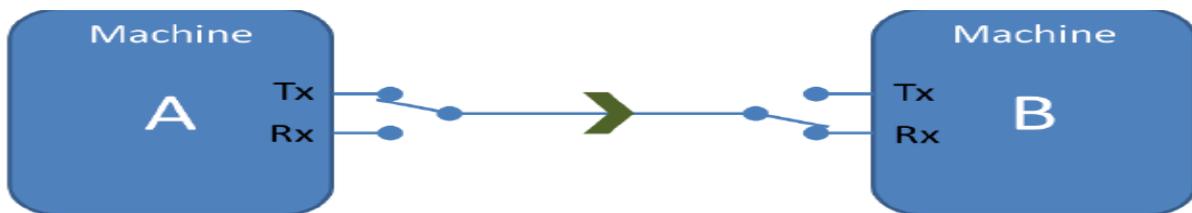


6. Sens de la transmission

Mode simplex : la transmission est unidirectionnelle, de l'émetteur: vers le récepteur (TV et radio, votre ordinateur vers l'imprimante...).



Mode semi-duplex [*half duplex*] ou bidirectionnel à l'alternat, permet une transmission dans les deux sens mais alternativement (Talki-Walki)



Mode duplex [*full duplex*] ou bidirectionnel simultané permet une transmission simultanée dans les deux sens simultanément (ADSL et Téléphone).

