

III - Couche physique Niveau 1

Son rôle

- La couche physique est chargée de la transmission des signaux électriques ou optiques entre les interlocuteurs.
- Emission et la réception d'un bit ou d'un train de bits continu.
- Elle transmet un flot de bits sans en connaître la signification ou la structure.
- Elle code l'information pour l'adapter au support de transmission et effectue la conversion entre bits et signaux électriques, électromagnétiques ou optiques.
- Elle normalise les signaux envoyés sur le support (analogique / numérique, voltage, optique etc...) ainsi que le type et la longueur des câbles, les connecteurs utilisés...

Supports physiques de transmissions

- Circulation des informations entre les équipements de transmission.
- Trois catégories principales, selon le type de grandeur physique qu'ils permettent de faire circuler :
 - **Les supports filaires** permettent de faire circuler une grandeur électrique sur un câble généralement métallique
 - **Les supports aériens** désignent l'air ou le vide, ils permettent la circulation d'ondes électromagnétiques ou radioélectriques diverses
 - **Les supports optiques** permettent d'acheminer des informations sous forme lumineuse

Notions sur les ondes électromagnétiques

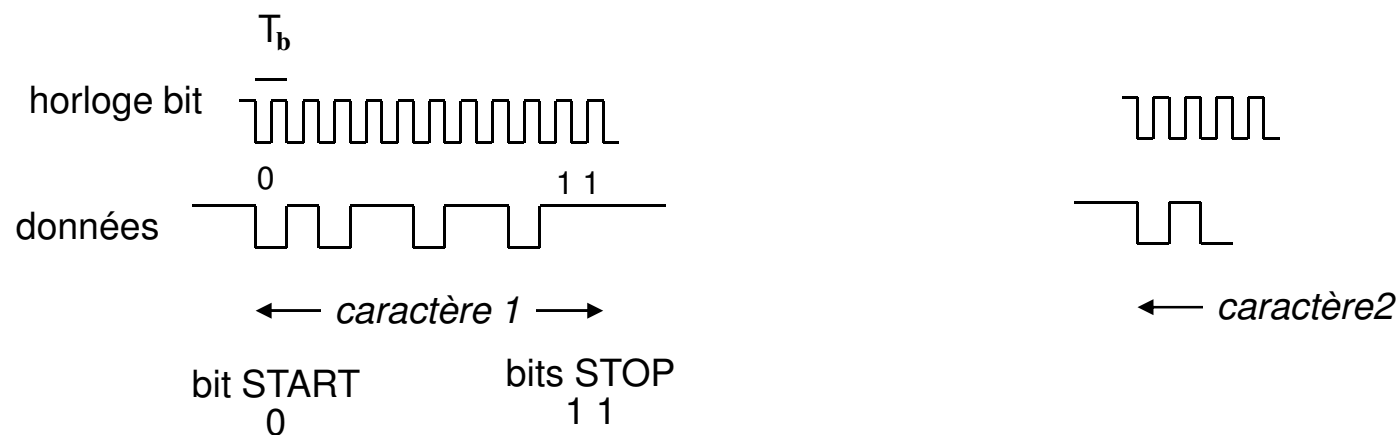
- La transmission de données sur un support physique se fait par propagation d'un phénomène vibratoire.
- Il en résulte un signal ondulatoire dépendant de la grandeur physique que l'on fait varier :
 - dans le cas de la lumière il s'agit d'une onde lumineuse
 - dans le cas du son il s'agit d'une onde acoustique
 - dans le cas de la tension ou de l'intensité d'un courant électrique il s'agit d'une onde électrique
 - ...
- Les ondes électromagnétiques sont caractérisées par leur fréquence, leur amplitude et leur phase.

Supports physiques de transmissions

- Circulation des informations entre les équipements de transmission.
- Trois catégories principales, selon le type de grandeur physique qu'ils permettent de faire circuler :
 - **Les supports filaires** permettent de faire circuler une grandeur électrique sur un câble généralement métallique
 - **Les supports aériens** désignent l'air ou le vide, ils permettent la circulation d'ondes électromagnétiques ou radioélectriques diverses
 - **Les supports optiques** permettent d'acheminer des informations sous forme lumineuse

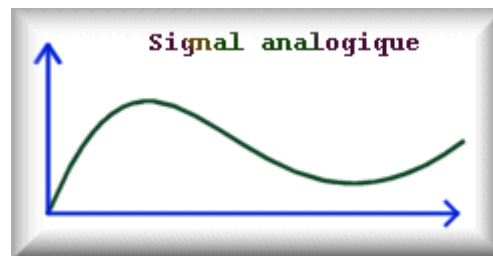
Transmission en mode asynchrone

- Émetteur et récepteur ont des horloges séparées de même fréquence
- Les données sont transmises par blocs de taille constante (quelques bits = 1 caractère en général) précédés d'un bit de démarrage et de 1 ou 2 bits d'arrêt
- les instants de prélèvement des bits sont déterminés par le bit de démarrage



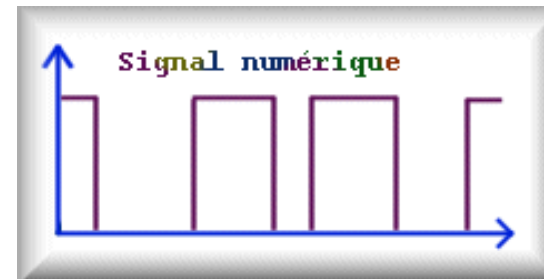
Signal analogique

- Utilisé pour transporter et stocker des données (de type audio, photo, vidéo...). Reproduire le signal à enregistrer sur un support (magnétique en général).
- **Exemple :** lorsque l'on enregistre un signal audio sur un système analogique, le signal présent sur la bande suivra les mêmes amplitudes que l'onde sonore (avec plus ou moins de fidélité). Les variations de pressions caractéristiques d'une onde sonore seront traduit en variations d'un signal électrique.

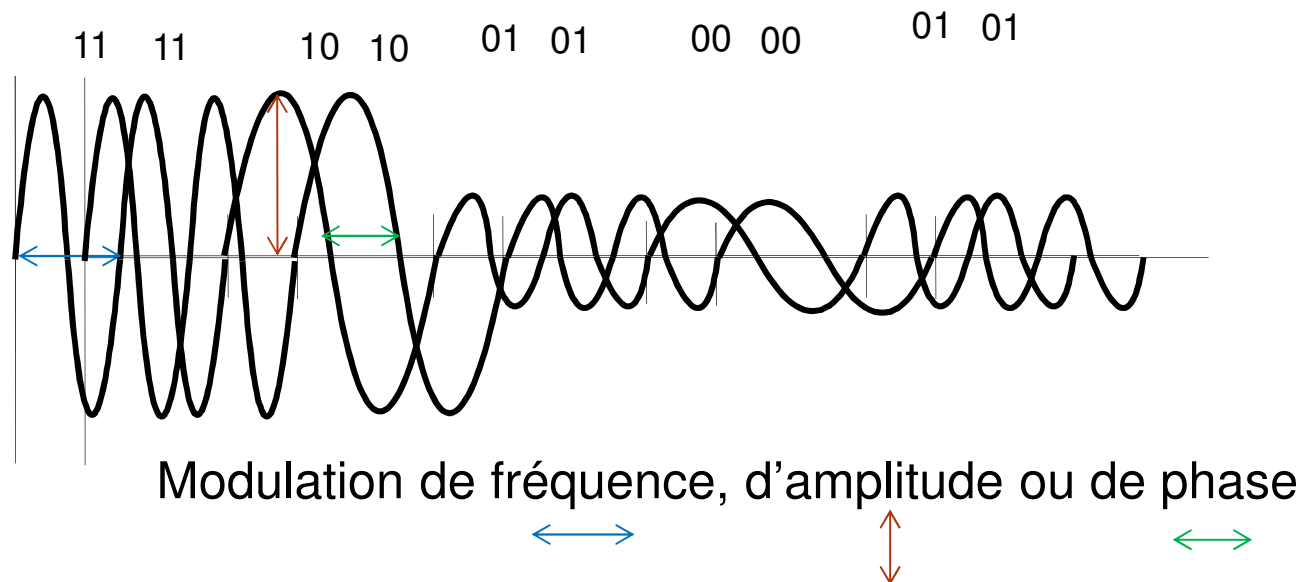
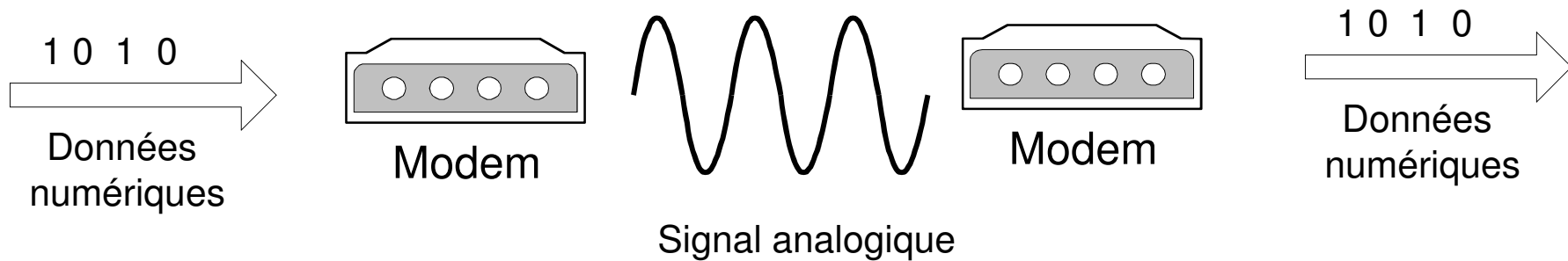


Signal numérique

- L'analogique est né avec le début de l'électricité tandis que le numérique est apparu plus récemment avec l'ère de l'informatique .
- Le signal numérique est un signal analogique constitué de deux niveaux possibles (par exemple " 0 " = 0V et " 1 " = 5V).
- Tout signal proche de 0V considéré comme = " 0 " et tout signal proche de 5V considéré comme = " 1 "
- Immunité exceptionnelle contre les parasites et facilité exemplaire à faire des copies parfaites (clones) de ce type de signal .
- Transport et stockage des données.



Modulation et de la démodulation



Représentation d'un bit

- 1 bit correspond à une impulsion signifiant 0 ou 1

Exemples :

- Signal électrique : 0 = 0 volts et 1 = +5 volts
- Signal optique : 0 = faible intensité et 1 = forte intensité
- Transmission sans fil : 0 = courte rafale d'onde et 1 = rafale d'onde plus longue

Affectation d'un bit lors de sa transmission

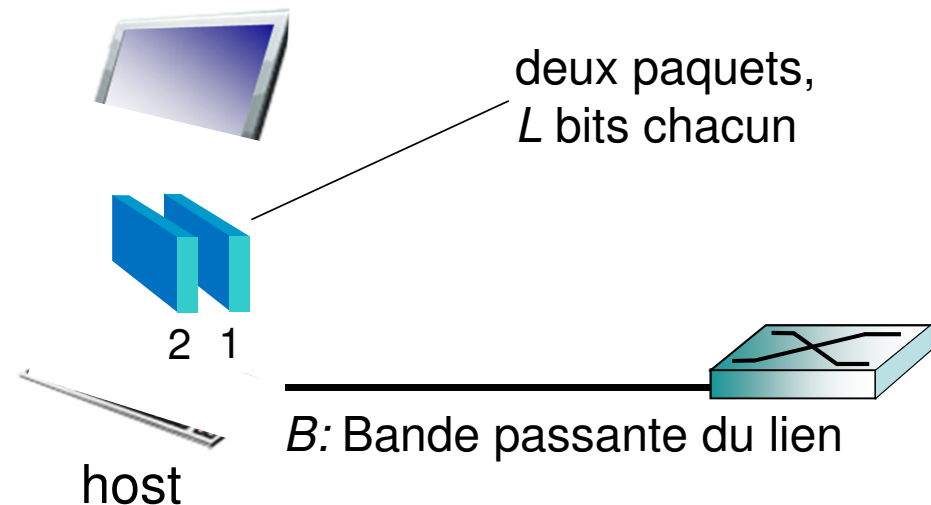
- **Propagation** : temps mis par un bit pour se déplacer dans le média
- **Atténuation** : perte de la force (amplitude) du signal
- **Bruit** : ajout indésirable d'énergie à un signal causé par des sources d'énergie se trouvant à proximité
- **Dispersion** : étalement des impulsions dans le temps
- **Gigue** : variation du délai de transfert de l'information
- **Latence** : retard de transmission causé par le temps de déplacement d'un bit dans le média et la présence de circuits électroniques dans le cheminement
- **Collisions** : lorsque deux ordinateurs utilisant le même segment de réseau émettent en même temps

Le temps dans les réseaux :

un hôte envoie des *paquets de données*

Hôte émet un message :

- Récupère le message applicatif
- Coupe le message en fragments, appelés *paquets*, de taille L bits
- Transmet les paquets sur le réseau avec une vitesse de transmission *transmission rate* B ou *capacité du lien*, ou *bande passante du lien*



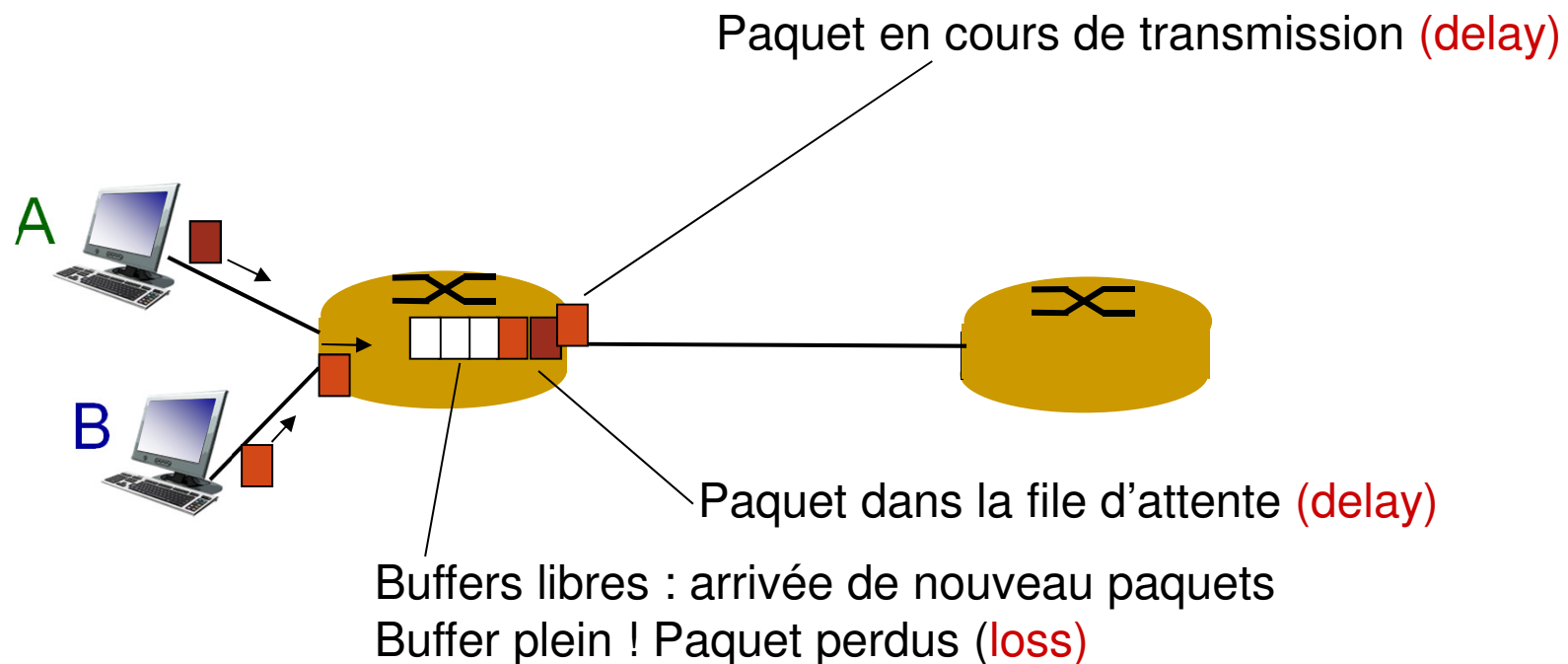
$$\text{Temps de transmission} = \text{Temps pour transmettre } L\text{-bit sur le lien} = \frac{L \text{ (bits)}}{B \text{ (bits/sec)}}$$

Le temps dans les réseaux : Perte de paquet ou délai

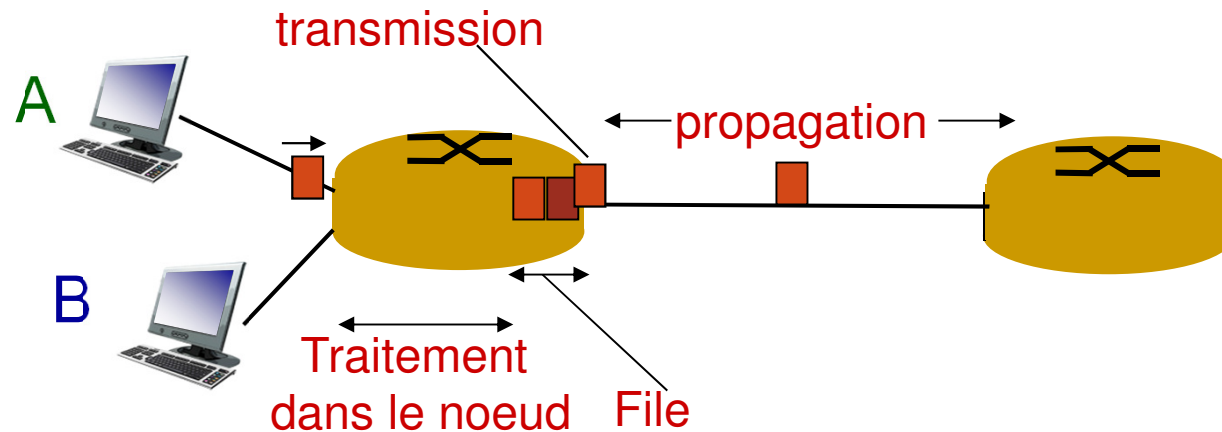
File d'attente des paquets dans les équipements réseaux (routeurs)

Si le taux d'arrivée des paquets en entrée dépasse le capacité en sortie

Paquets bufferisés, attente de leurs tours



Le temps dans les réseaux : 4 sources de délais



$$T_{\text{nodal}} = T_{\text{proc}} + T_{\text{queue}} + T_{\text{trans}} + T_{\text{prop}}$$

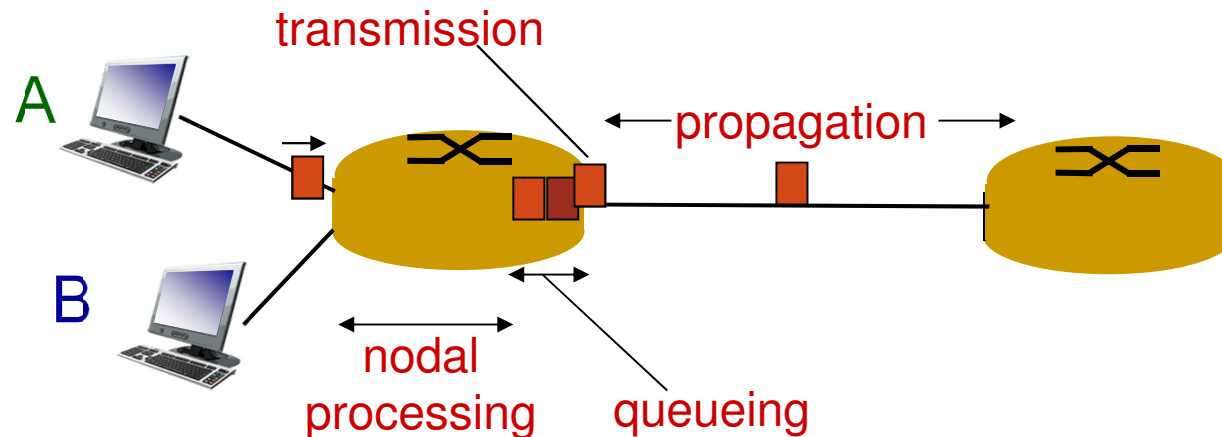
T_{proc} : nodal processing

- Verification CRC (Bit errors)
- determine lien de sortie
- Temps moyen < msec

T_{queue} : delay d'attente

- Temps pour obtenir le lien de transmission
- dépend de la congestion du routeur

Le temps dans les réseaux : 4 sources de délais



$$T_{\text{nodal}} = T_{\text{proc}} + T_{\text{queue}} + T_{\text{trans}} + T_{\text{prop}}$$

T_{trans} : transmission delay:

- L : taille du paquet(bits)
- B : bande passante lien(bps)
- $T_{\text{trans}} = L/B$

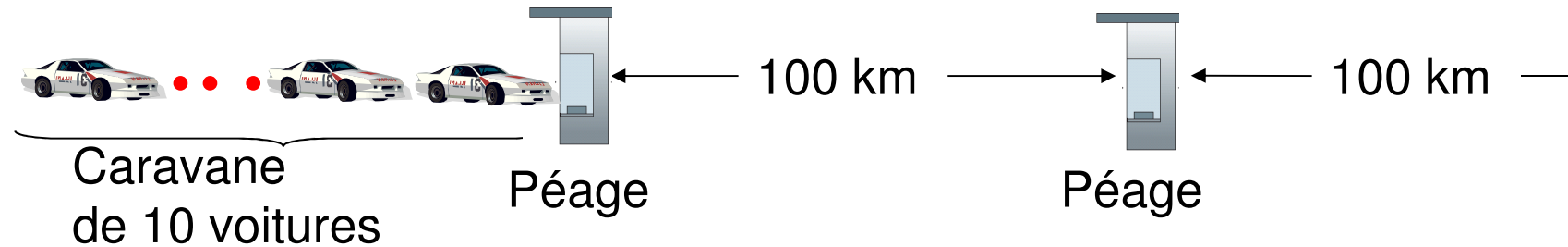
T_{prop} : propagation delay:

- d : longueur du lien de transmission
- v : vitesse de propagation dans le lien ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- $T_{\text{prop}} = d/v$

T_{trans} et T_{prop}

Très différents

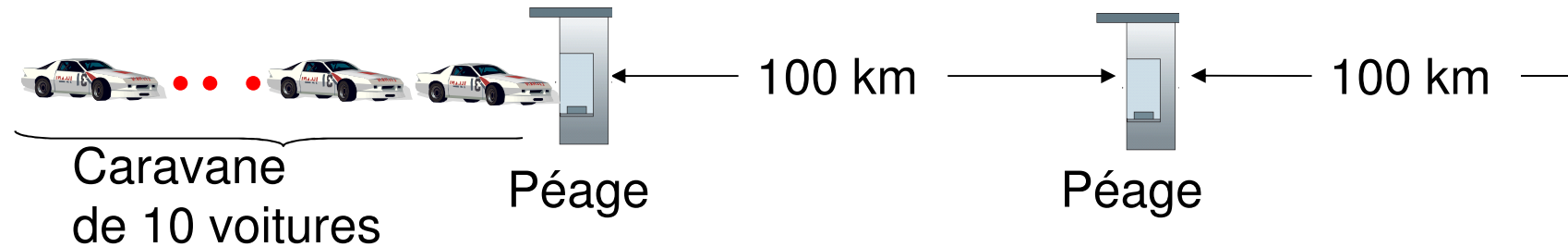
Analogie avec le trafic routier (1)



- Une voiture se “propage” à 100 km/hr
- Cabine péage prend 12 sec pour servir un ticket (bit transmission time)
- Voiture \sim bit; caravane \sim paquet
- **Q: combien de temps avant que la caravane soit présente au second péage ??**

- Temps pour que la caravane complète atteigne la voie rapide = $12 \times 10 = 120$ sec
- Temps pour que la dernière voiture se propage du premier au second péage : $100 \text{ km} / (100 \text{ km/hr}) = 1 \text{ hr}$
- **R: 62 minutes**

Analogie avec le trafic routier (2)

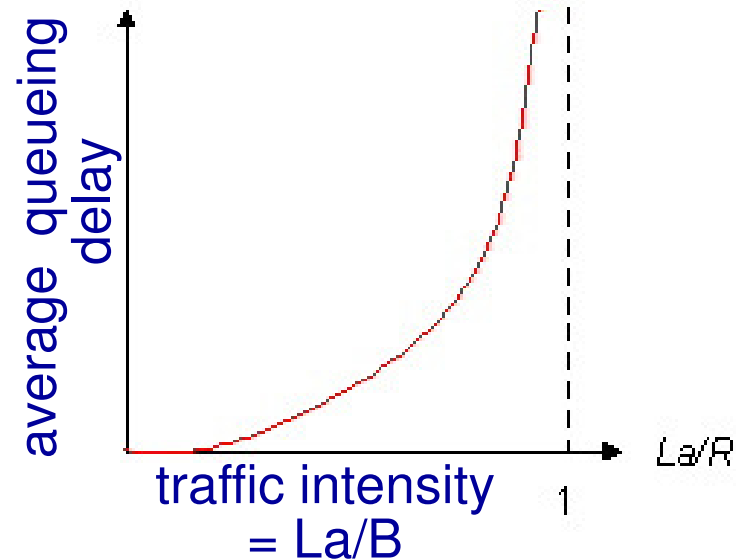


- Supposons que les voitures se “propagent” à 1000 km/hr
- Supposons que péage prenne une minute pour servir une voiture
- **Q:** Est ce que des voitures peuvent arriver avant que la dernière ne soit dans le péage 1 ? Au bout de combien de temps la première voiture atteint le second péage ?
- **R :** Oui ! Après 7 min, la première voiture arrive au second péage alors que 3 voitures sont toujours au premier.

Analogie avec le trafic routier (3)

Queueing delay (revisited)

- B : Bande passante lien (bps)
- L : taille du paquet (bits)
- a : taux d'arrivée moyen des paquet



- ❖ $L^*a/B \sim 0$: Délai moyen d'attente faible
- ❖ $L^*a/R \rightarrow 1$: Délai moyen d'attente impor
- ❖ $L^*a/B > 1$: plus de débits que ce qui peut être traité délai moyen infini.



$La/B \sim 0$

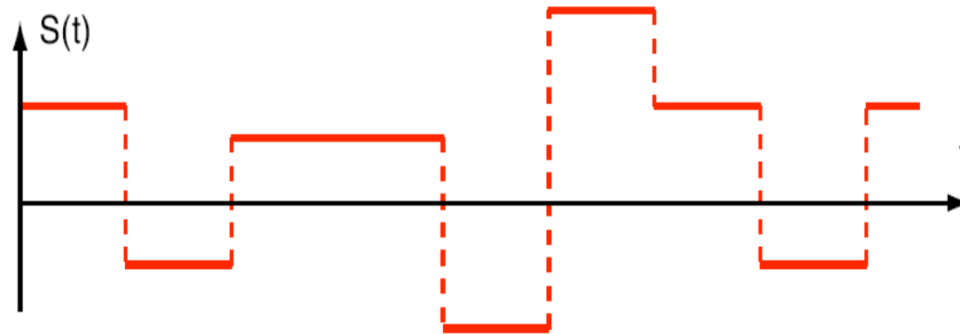


$La/R \rightarrow 1$

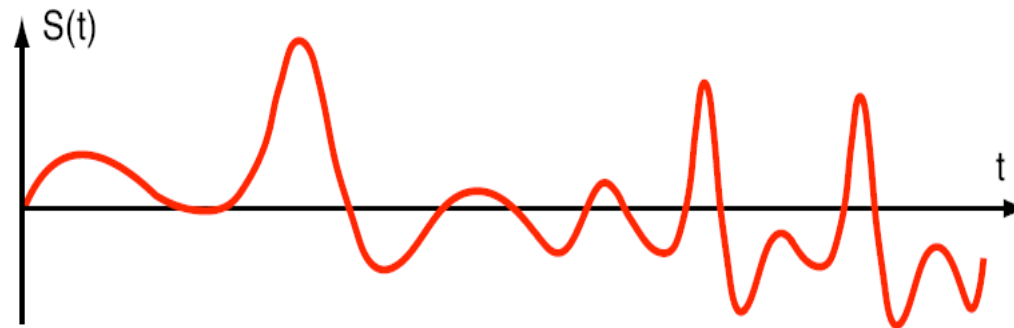
Deux techniques de transmission

Pour transmettre des données, on peut soit utiliser :

Signal numérique variant de manière **discontinue** dans le temps



Signal analogique variant de manière **continue** dans le temps



La transmission en bande de base

- La plus utilisée dans les LAN : le signal est placé directement sur le support de communication sans modulation préalable
- Les variations de tension simulent les 0 et les 1.
- Il faut une bande passante importante
- Affaiblissement du signal important donc réservé à de courtes distances (quelques kms).
- Un seul canal de transmission à la fois (on parlera chacun à son tour)
- Grandes vitesses
- Supportée par tous les types de média
- Le signal numérique binaire est transformé en un autre signal numérique grâce à un codage

Les codages en bande de base

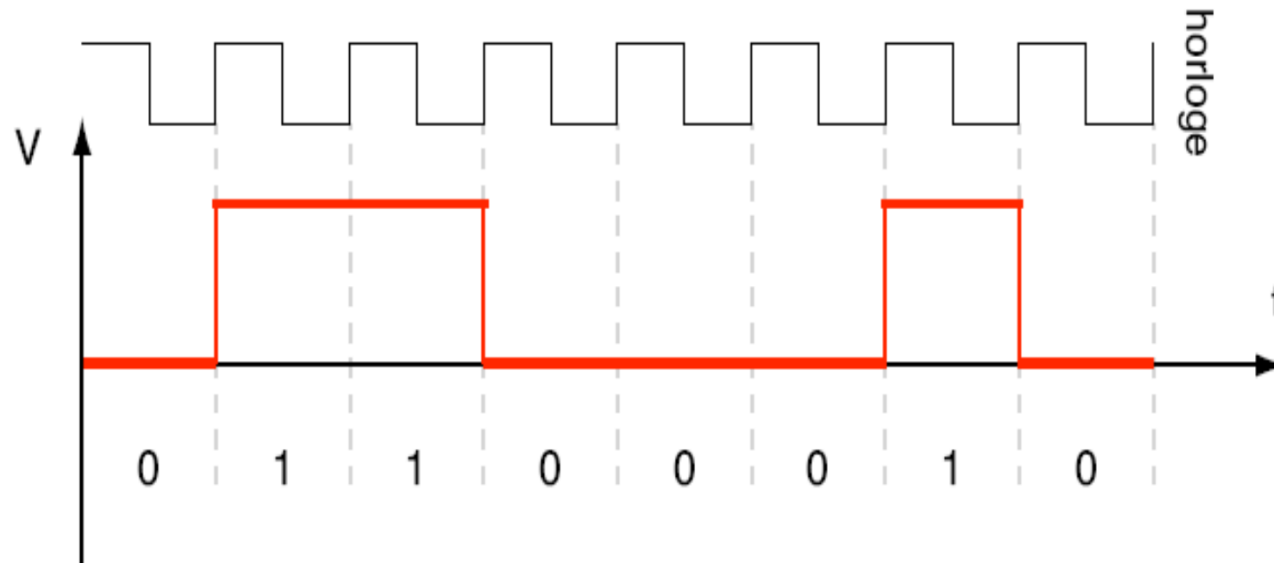
Les codages usuels sont :

- le code tout ou rien
- le code NRZ (non retour à zéro)
- le code bipolaire
- le code Manchester

Code tout ou rien

C'est le plus simple:

- une tension nulle code le « 0 »
- une tension positive indique le « 1 »



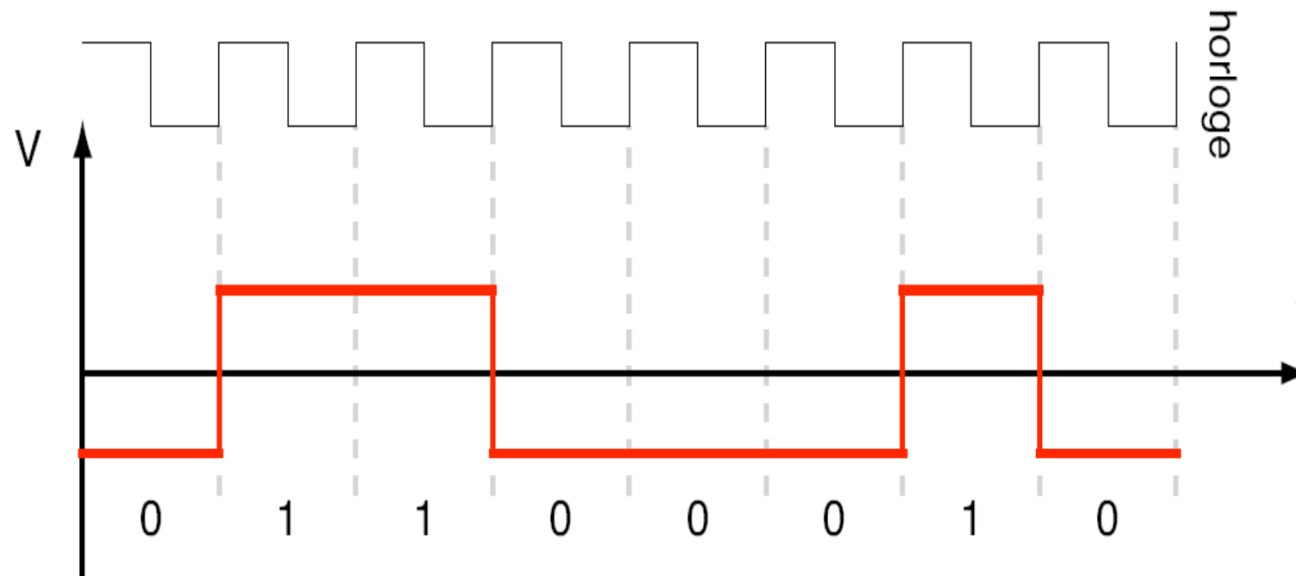
Problème 1 : composante continue non nulle, échauffement par effet de Joule

Problème 2 : pas de distinction entre 0 et pas de transmission (panne)

Code NRZ (Non Return to Zero)

On code :

- par une tension négative le « 0 »
- par une tension positive le « 1 »



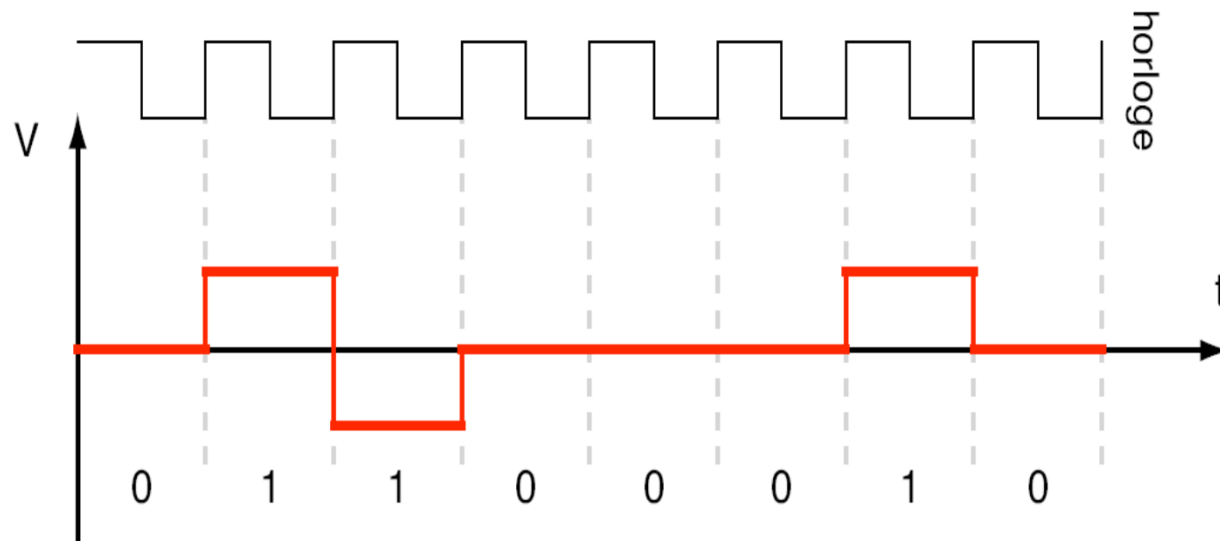
Problème 1 : désynchronisation possible sur de longues séquences identiques

Problème 2 : dépendance vis-à-vis de la polarité

Code Bipolaire

Code tout ou rien dans lequel :

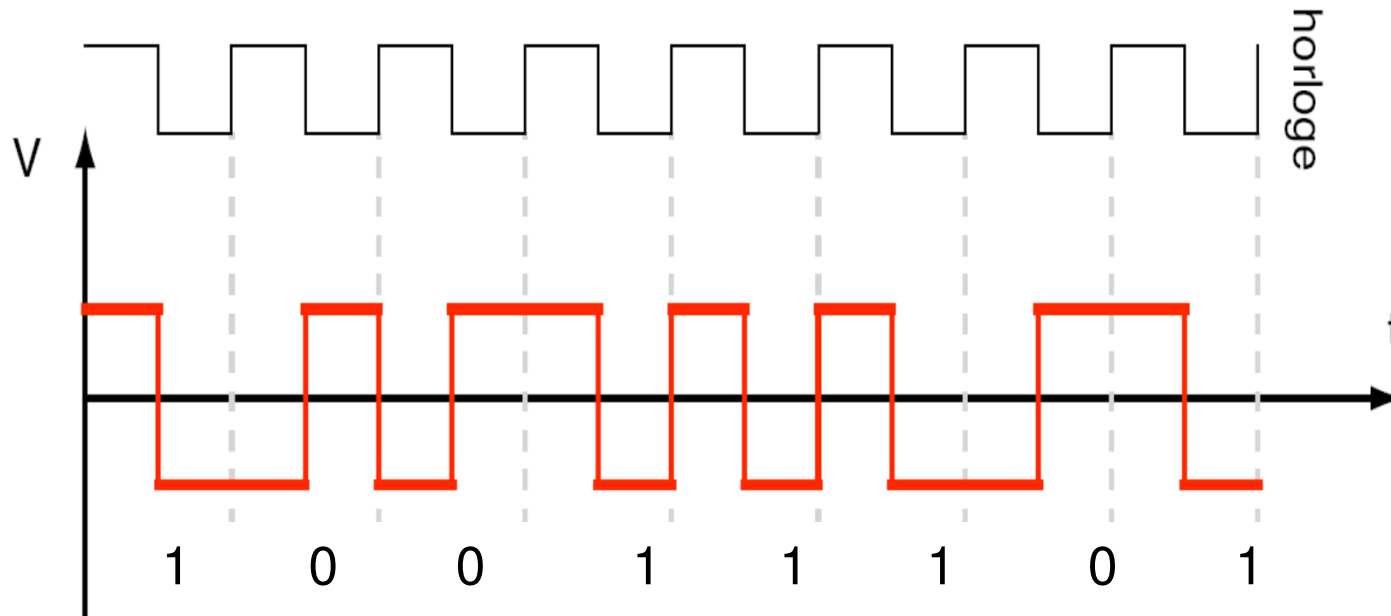
- le « 0 » est représenté par une tension nulle;
- le « 1 » est représenté par une tension alternativement positive ou négative pour éviter de maintenir des tensions continues.



- Avantage : indépendant de la polarité
- Problèmes de désynchronisation et de détection de transmission

Code Biphase ou Manchester

Le signal change au milieu de l'intervalle de temps associé à chaque bit. Au milieu de l'intervalle il y a une transition de bas en haut pour un « 0 » (front montant) et de haut en bas pour un « 1 » (front descendant).



- **Principe** : encoder les valeurs par des transitions/fronts et non pas des états
- Codage utilisé pour Ethernet à 10 Mbit/s