

# Exercice 1

Deux canaux de 64 kbit/s chacun et un canal de 640 kbit/s sont multiplexés en utilisant le multiplexage temporel (TDM).

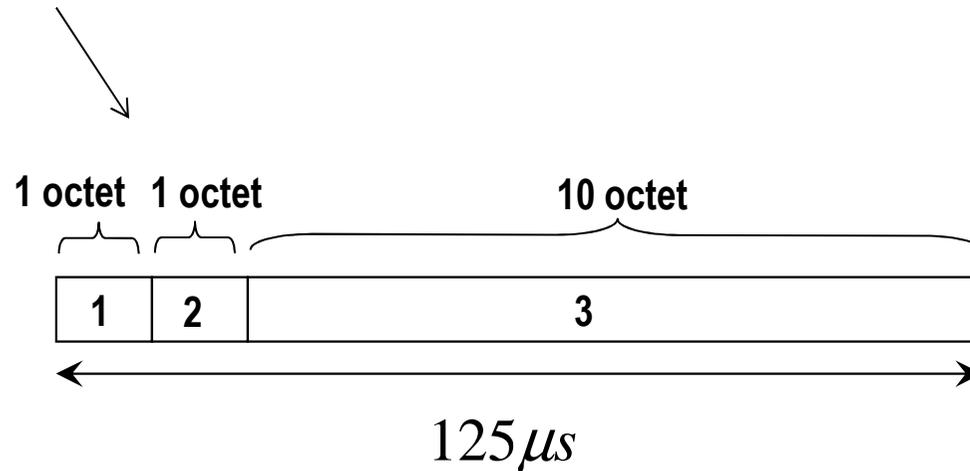
Si l'entrelacement est fait au niveau d'un octet (8 bit), déterminer :

- 1) la *structure* de la trame de durée minimale
- 2) la *durée* de cette trame
- 3) la *vitesse de transmission* du multiplexeur (en kbit/s)

Répondre aux mêmes questions (1, 2 et 3) si l'entrelacement est fait au niveau d'un seul bit (1 bit).

# Exercice 1 - Solution

Structure de la trame (3 time slots, chacun pour chaque canal) :



$$\text{Durée de la trame} = \frac{8 \text{ bit}}{64 \text{ kbit} / \text{s}} = 125 \mu\text{s}$$

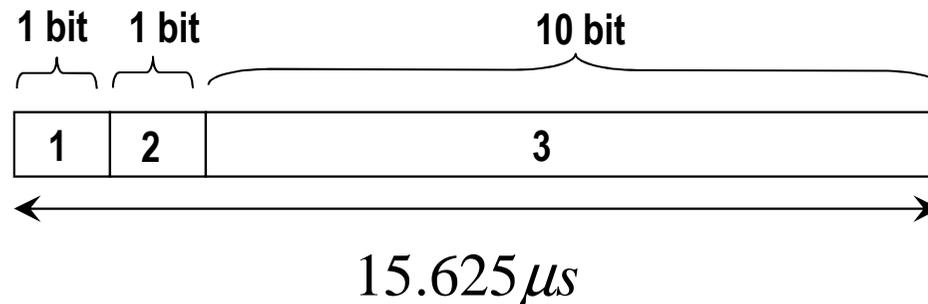
C'est le temps nécessaire au canal le plus lent (celui à 64 kbit/s) pour accumuler les 8 bits

$$\text{Vitesse de transmission du multiplexeur} = \frac{12 \text{ byte}}{125 \mu\text{s}} = 768 \text{ kbit} / \text{s}$$

# Exercice 1 - Solution

Si l'entrelacement est fait au niveau d'un seul bit (1 bit).

Structure de la trame :



$$\text{Durée de la trame} = \frac{1 \text{ bit}}{64 \text{ kbit} / s} = 15.625 \mu s$$

$$\text{Vitesse de transmission du multiplexeur} = \frac{12 \text{ bit}}{15.625 \mu s} = 768 \text{ kbit} / s$$

## Exercice 2

Un système de multiplexage TDM est caractérisé par une trame de 10 Time Slots; dans chaque time slot, 128 bits sont transmis. Le système est utilisé pour multiplexer 10 canaux téléphoniques numériques, chacun desquels a une vitesse de 64 kbit/s.

Calculer la *vitesse* de transmission du multiplexeur et la *durée* de la trame.

## Exercice 2 - Solution

Un système de multiplexage TDM est caractérisé par une trame de 10 Time Slots; dans chaque time slot, 128 bits sont transmis. Le système est utilisé pour multiplexer 10 canaux téléphoniques numériques, chacun desquels a une vitesse de 64 kbit/s.

Calculer la *vitesse* de transmission du multiplexeur et la *durée* de la trame.

**Réponse.** La vitesse du multiplexeur est de 640 kbit/s ( $10 \times 64$  kbit/s) et la durée de la trame de  $(128 \text{ bit} / 64 \text{ kbit/s}) = 2 \text{ ms}$ .

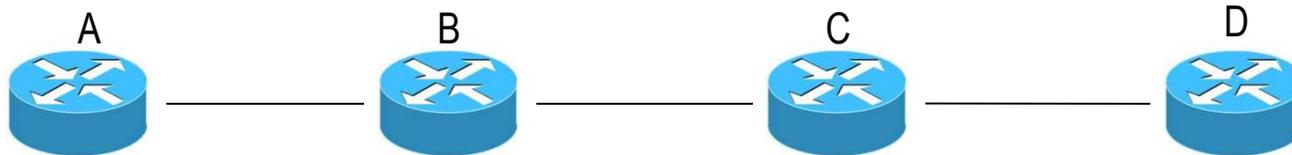
# Exercice 3

Le nœud A doit envoyer vers D un fichier de taille égale à 1 Mo. Ce fichier est transmis à l'intérieur du *payload* de plusieurs paquets. Chaque paquet a un champ *header* (en-tête) de dimension 2000 bit et un champ *payload* de dimension 8000 bit.

Chaque lien (A---B, B---C et C---D) a une longueur de 100 km et une capacité de 100 Mbit/s. La vitesse de propagation du signal est de 200000 km/s.

Calculer :

- 1) Le nombre total de paquets nécessaires pour transmettre le fichier
- 2) Le temps nécessaire pour transmettre le fichier vers D, c'est à dire le temps qui passe entre la transmission du tout premier bit du premier paquet en A et le temps de réception du tout dernier bit du dernier paquet en D (on fait l'hypothèse que le temps de processing et aussi le temps passé dans la file d'attente soient égales à zéro)

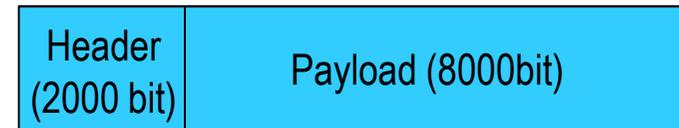


# Exercice 3 - Solution

Taille fichier = 8000000 bit

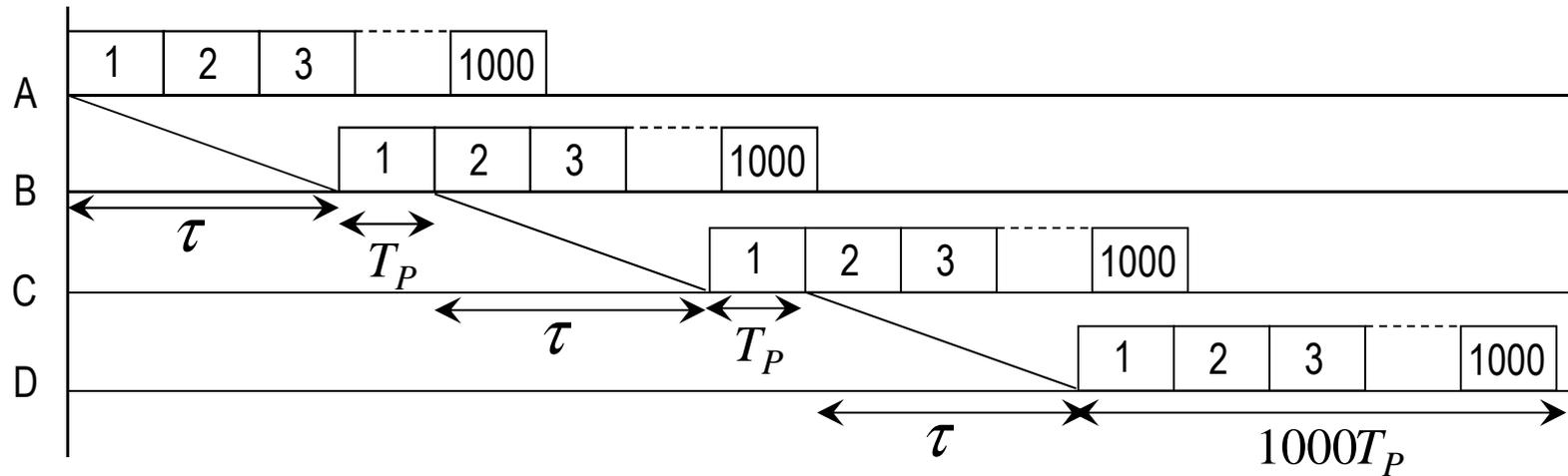
J'ai donc **1000** paquets de taille 10000 bit chacun

Délai de propagation (sur 100 km) =  $\tau = 500\mu s$



Temps de transmission d'un paquet =  $T_P = \frac{10000bit}{10^8 bit / s} = 100\mu s$

# Exercice 3 - Solution



Temps total de transmission =  $3\tau + 2T_P + 1000T_P = 0.1017s$

# Exercice 4

Nous considérons maintenant deux variantes de l'Exercice 3. En particulier, il faut calculer toujours le temps nécessaire pour transmettre le fichier de A vers D dans le deux cas suivants :

- 1) la capacité du lien B---C est égale à 50 Mb/s



- 2) la capacité du lien B---C est égale à 200 Mb/s



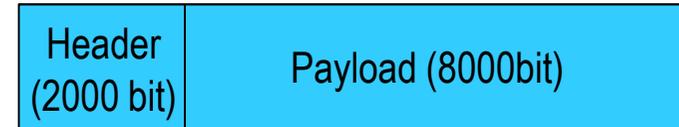
(Tous les autres paramètres sont identiques à ceux de l'Exercice 4)

# Exercice 4 - Solution

Taille fichier = 8000000 bit

J'ai donc **1000** paquets de taille 10000 bit chacun

Délai de propagation (sur 100 km) =  $\tau = 500\mu s$



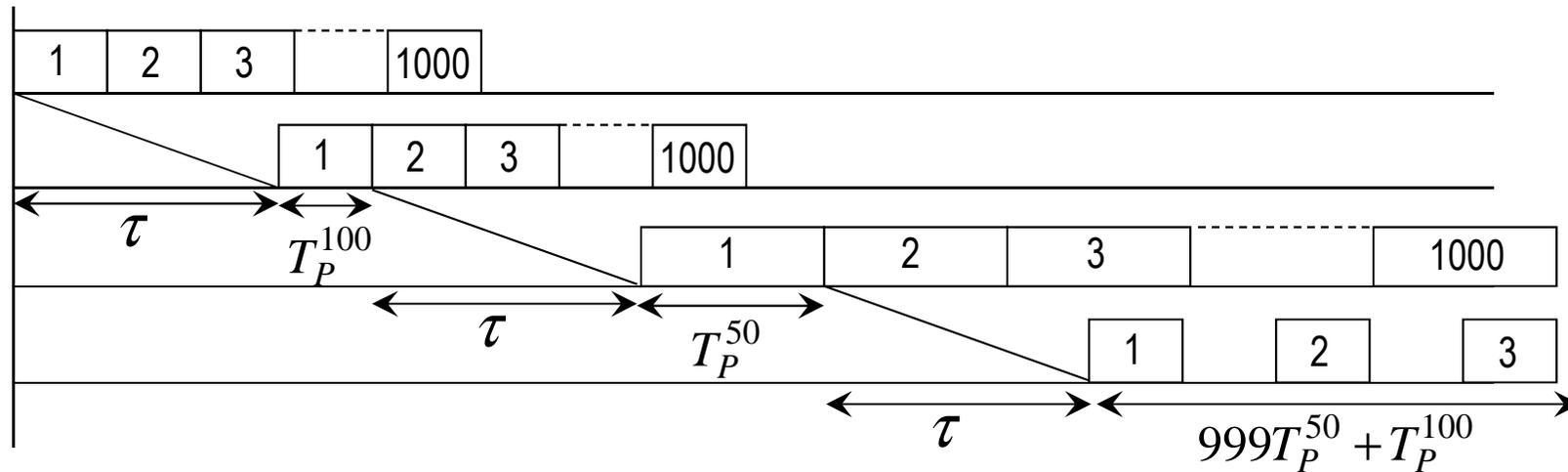
Temps de transmission d'un paquet sur un lien de 100 Mb/s =  $T_P^{100} = \frac{10000bit}{10^8 bit / s} = 100\mu s$

Temps de transmission d'un paquet sur un lien de 50 Mb/s =  $T_P^{50} = \frac{10000bit}{5 * 10^7 bit / s} = 200\mu s$

Temps de transmission d'un paquet sur un lien de 200 Mb/s =  $T_P^{200} = \frac{10000bit}{2 * 10^8 bit / s} = 50\mu s$

# Exercice 4 - Solution

Cas 1)

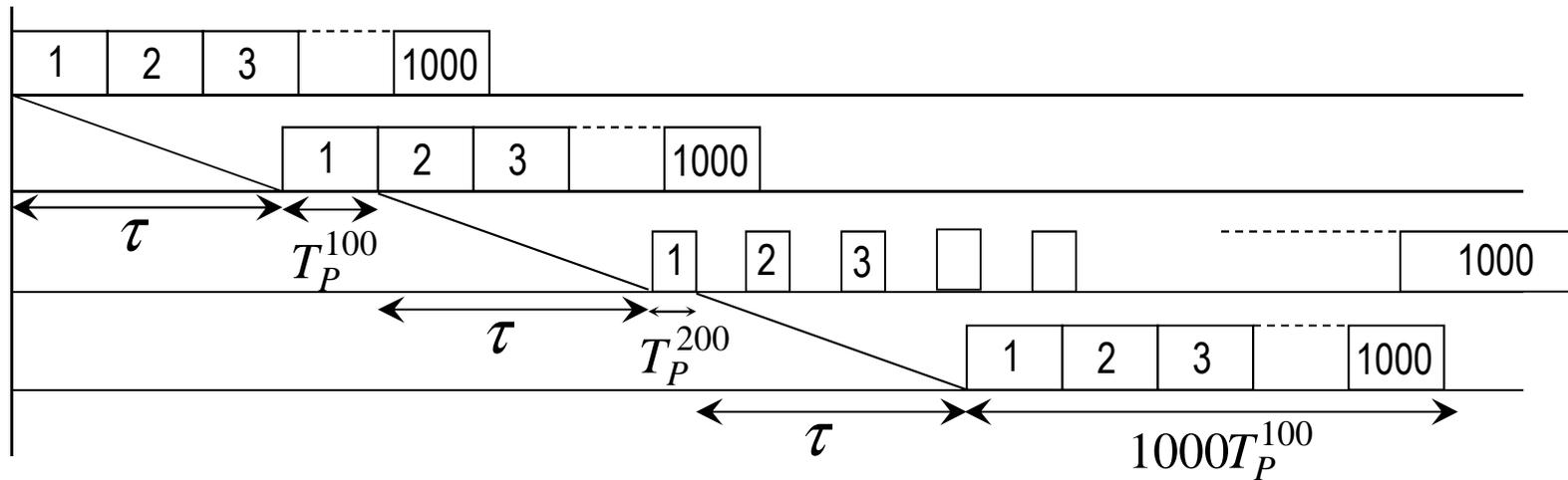


$$\text{Temps de transmission total} = 3\tau + T_P^{100} + T_P^{50} + 999T_P^{50} + T_P^{100} = 0.2017s$$

$$\text{Vitesse de transmission} = \frac{10000 * 1000 \text{ bit}}{0.2017s} = 49.58 \text{ Mb/s}$$

# Exercice 4 - Solution

Cas 2)



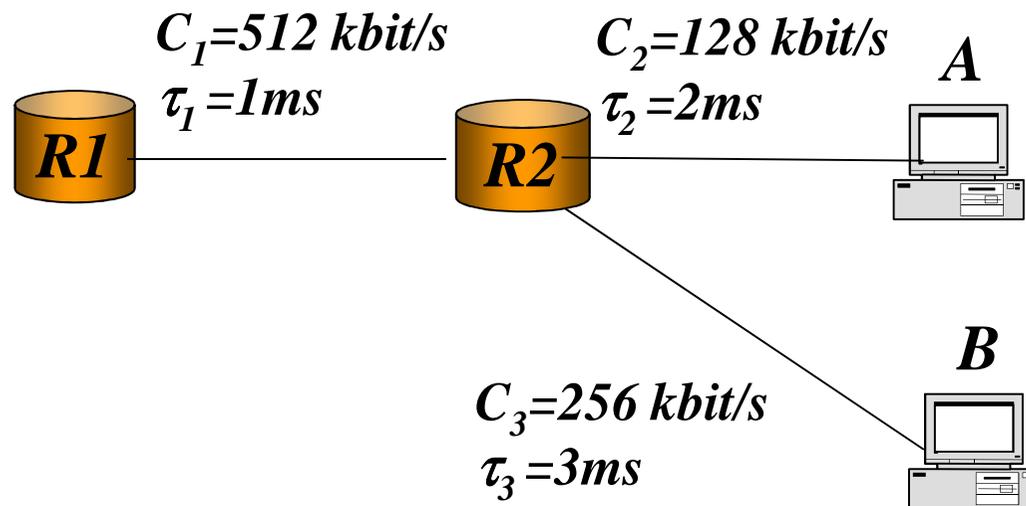
$$\text{Temps de transmission total} = 3\tau + T_P^{100} + T_P^{200} + 1000T_P^{100} = 0.10165s$$

$$\text{Vitesse de transmission} = \frac{10000 * 1000 \text{bit}}{0.10165s} = 98.38 \text{Mb/s}$$

# Exercice 5

Nous considérons le réseau illustré en figure ; la capacité et le délai de propagation sont écrits à coté de chaque lien.

A l'instant  $t=0$ , le routeur R1 reçoit 3 paquets destinés, dans l'ordre, vers les host A, B, B. Dans l'hypothèse que les 2 premiers paquets aient une taille de 512 bits (en-tête inclus), et le 3ème de 256 bits, calculer les instants  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$  auxquels chaque paquet est complètement reçu par sa destination. (Bien évidemment, les routeurs R1 et R2 utilisent la technique de store-and-forward.)



## Exercise 5 - Solution

Let us call  $L_1$ ,  $L_2$  and  $L_3$  the length of the 3 packets. Then, taking into account the store-and-forward technique used by IP routers, as well as the propagation delay of each channel, we have:

$$T_1 = \frac{L_1}{C_1} + \tau_1 + \frac{L_1}{C_2} + \tau_2 = 8 \quad ms$$

$$T_2 = \left( \frac{L_1}{C_1} \right) + \frac{L_2}{C_1} + \tau_1 + \frac{L_2}{C_3} + \tau_3 = 8 \quad ms$$

$$T_3 = T_2 + \frac{L_3}{C_3} = 9 \quad ms$$