

# Internet et Multimédia

## Exercices: flux multimédia

P. Bakowski



[bako@ieee.org](mailto:bako@ieee.org)

# Applications et flux multi-média

applications

transport



# Applications et flux multi-média

applications

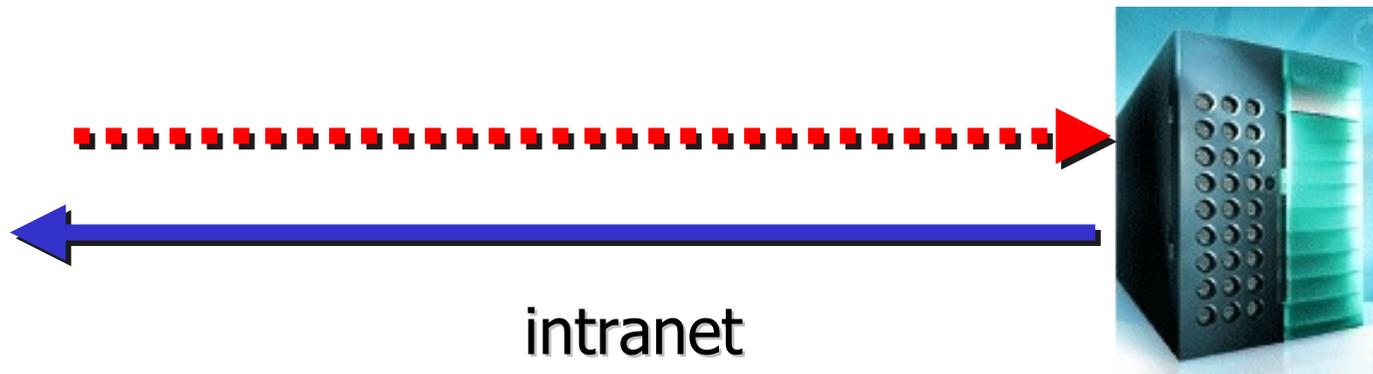
transport



- serveur vidéo
- RTP-RTCP
- RTP – taux de perte
- VoIP – dimensionnement
- VoIP – taux de perte
- ordonnancement – WFQ
- admission – seau à jeton

# Serveur vidéo

Une formation en histoire est organisée à distance sous la forme des sessions supportées par l'intranet.



# Serveur vidéo

Une formation en histoire est organisée à distance sous la forme des sessions supportées par l'intranet.

Chaque session demande en moyenne **cinq images**.  
La taille moyenne des images demandées est de **25 KB**.





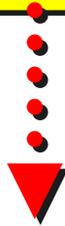
# Serveur vidéo: exercice 1

Chaque **classe** contient **32 étudiants**, et on peut considérer qu'une moyenne de **80%** de participants est active **à la fois**.

# Serveur vidéo: exercice 1

Chaque classe contient 32 étudiants, et on peut considérer qu'une moyenne de 80% de participants est active à la fois.

Au cours de la classe, chaque utilisateur effectue en moyenne **120 opérations** (sessions) **par heure**.



**cinq images**



# Serveur vidéo: exercice 1

Chaque classe contient 32 étudiants, et on peut considérer qu'une moyenne de 80% de participants est active à la fois.

Au cours de la classe, chaque utilisateur effectue en moyenne 120 opérations (sessions) par heure.

Exercice 1: Qu'est-ce que le **minimum** de la **bande passante** du réseau nécessaire pour ce **serveur d'images**?

# RTP et RTCP

version et type

numéro de séquence

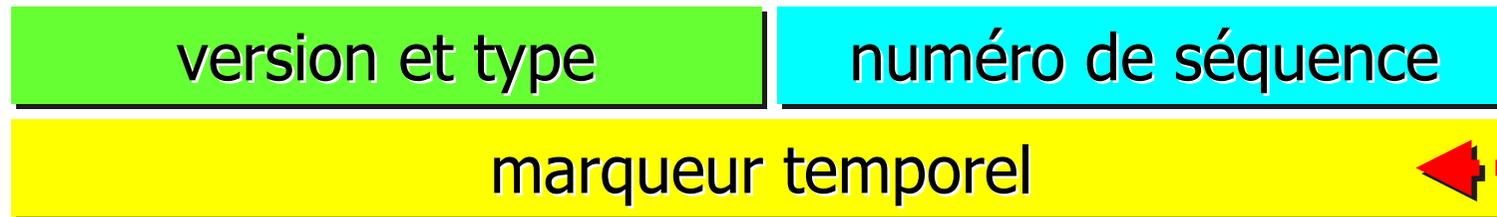
valeur aléatoire

ns

ns

ns

# RTP et RTCP

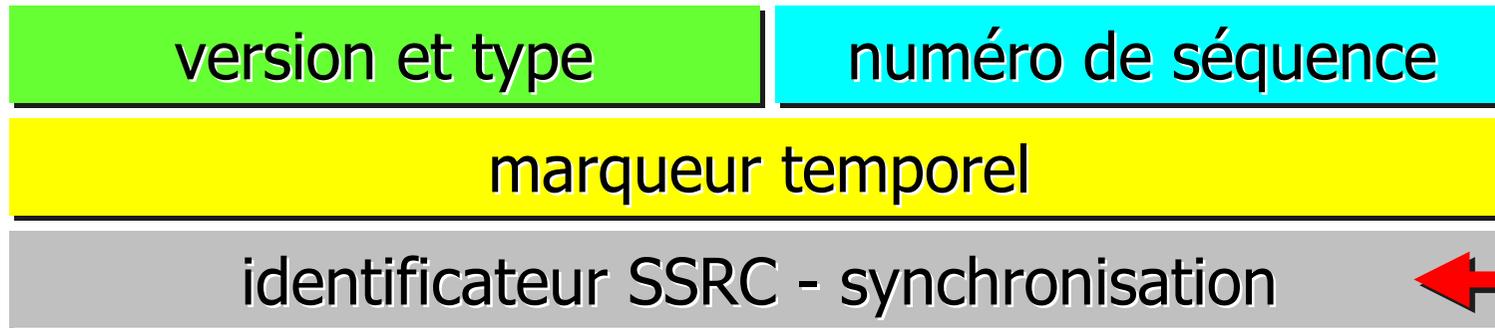


valeur aléatoire

valeur aléatoire +  $1/\text{fréquence d'échantillonnage}$

valeur absolue – protocole NTP + RTCP

# RTP et RTCP



source principale (flux) de synchronisation

# RTP et RTCP

version et type

numéro de séquence

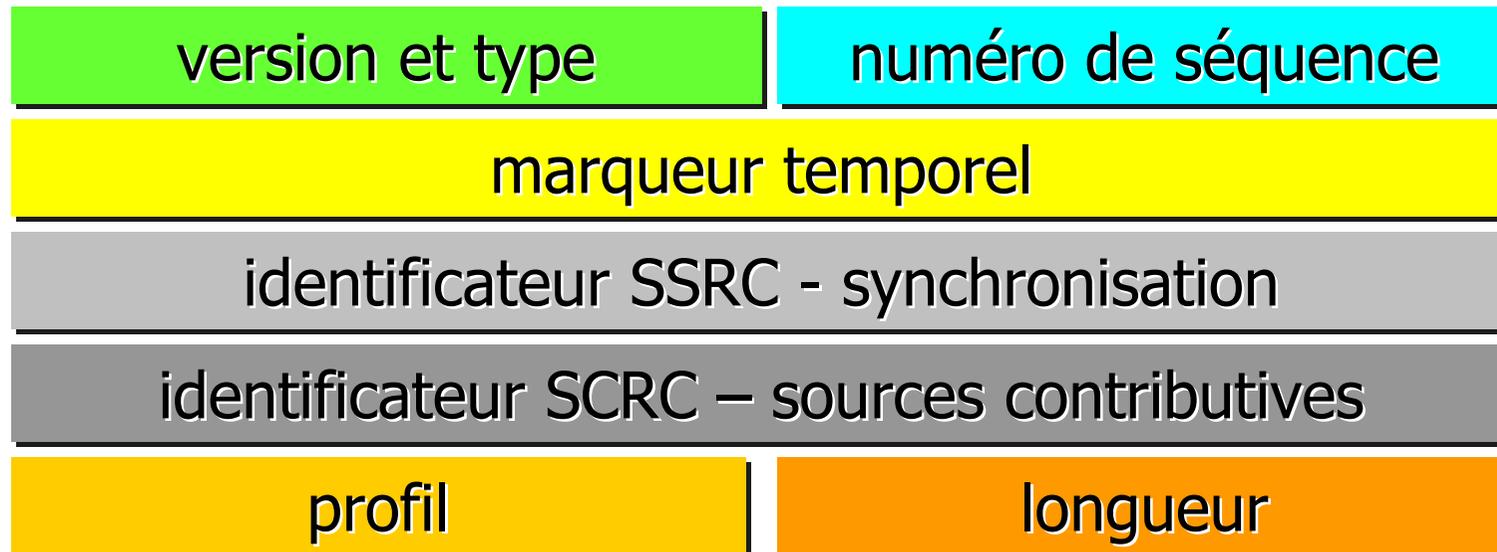
marqueur temporel

identificateur SSRC - synchronisation

identificateur SCRC – sources contributives

sources multiples - liste

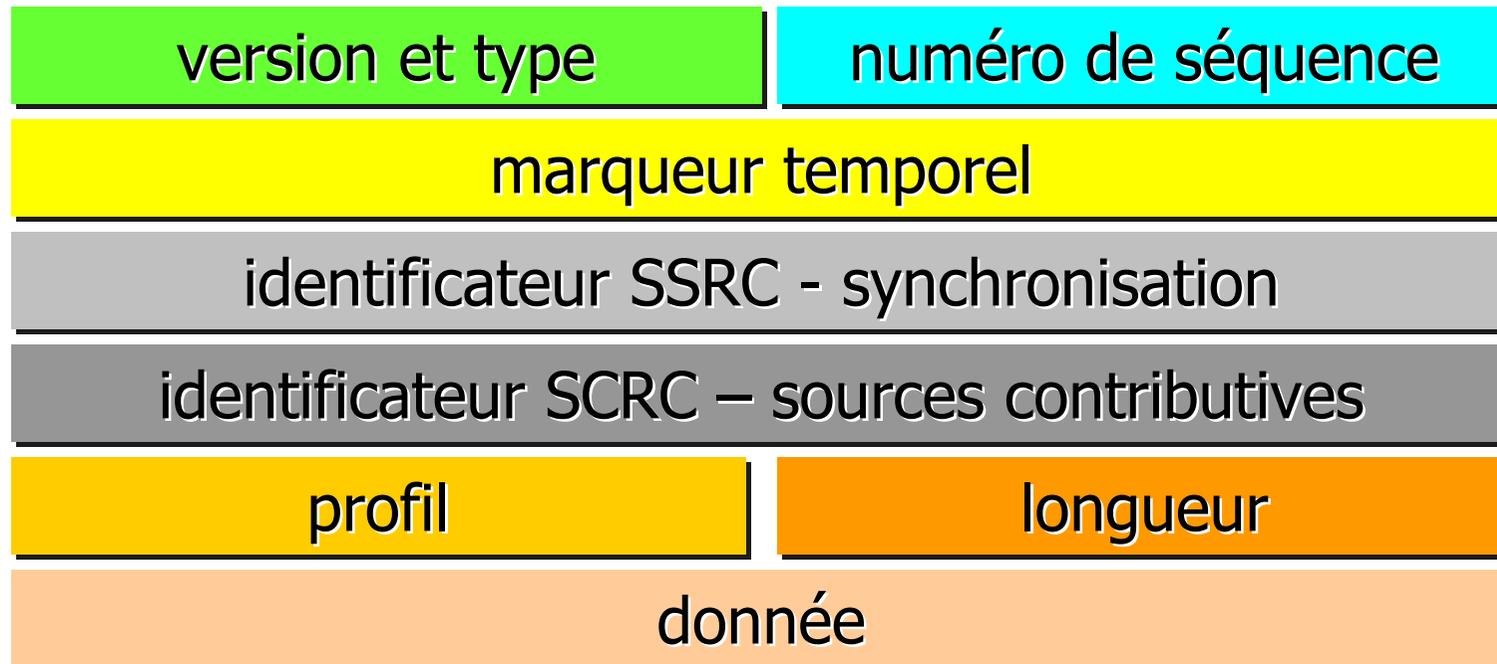
# RTP et RTCP



type de flux

variable selon le  
nombre de sources

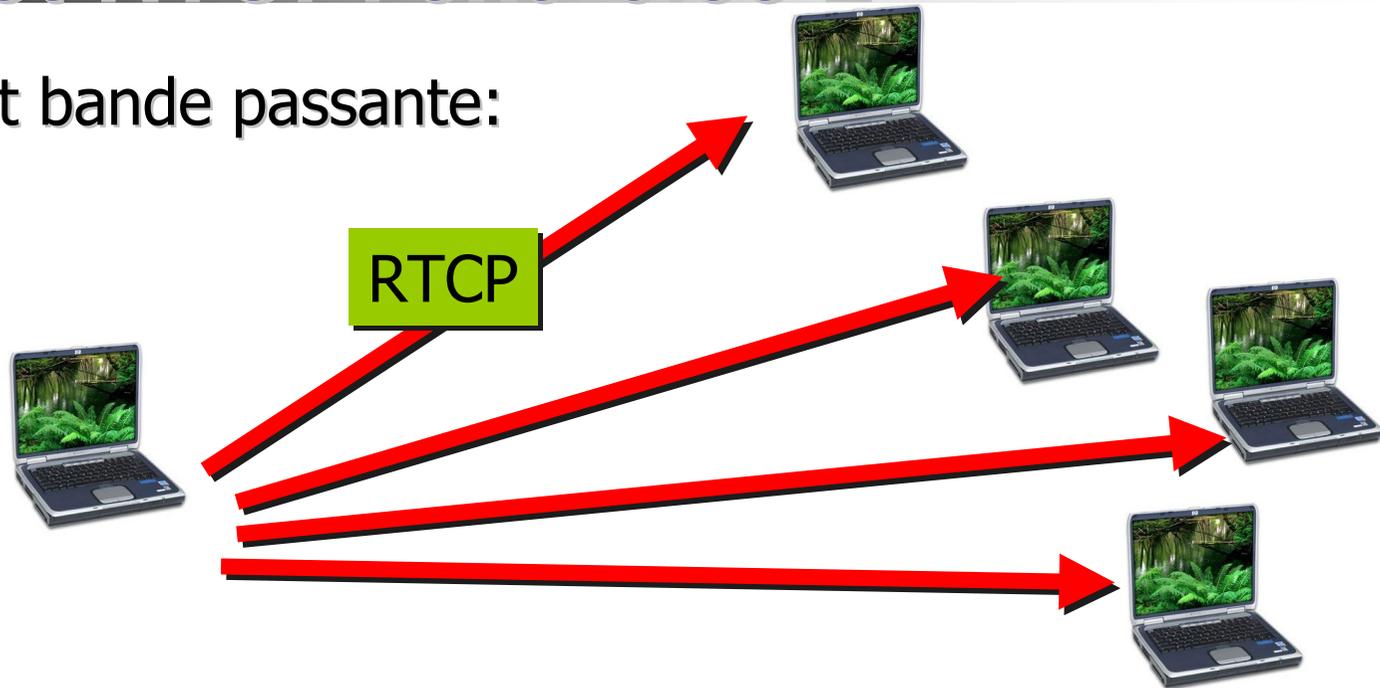
# RTP et RTCP



échantillon(s) audio/vidéo

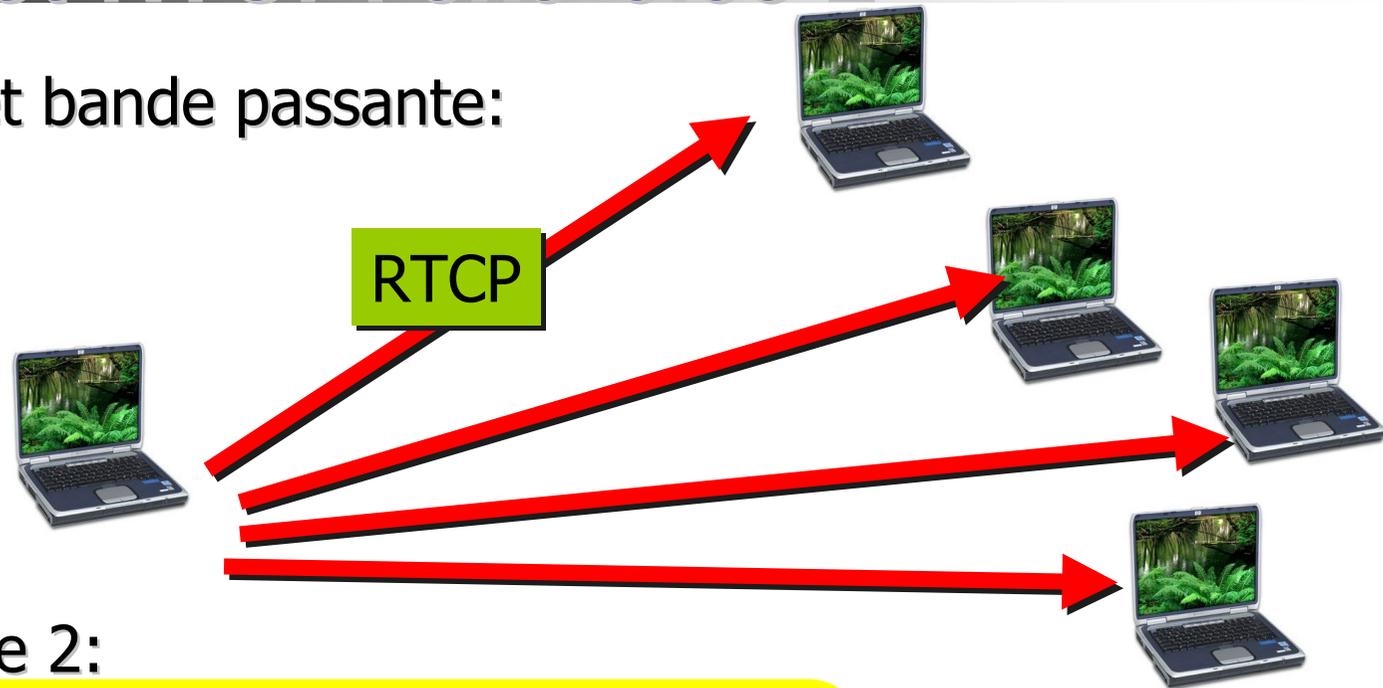
# RTP et RTCP: exercice 2

RTCP et bande passante:



# RTP et RTCP: exercice 2

RTCP et bande passante:

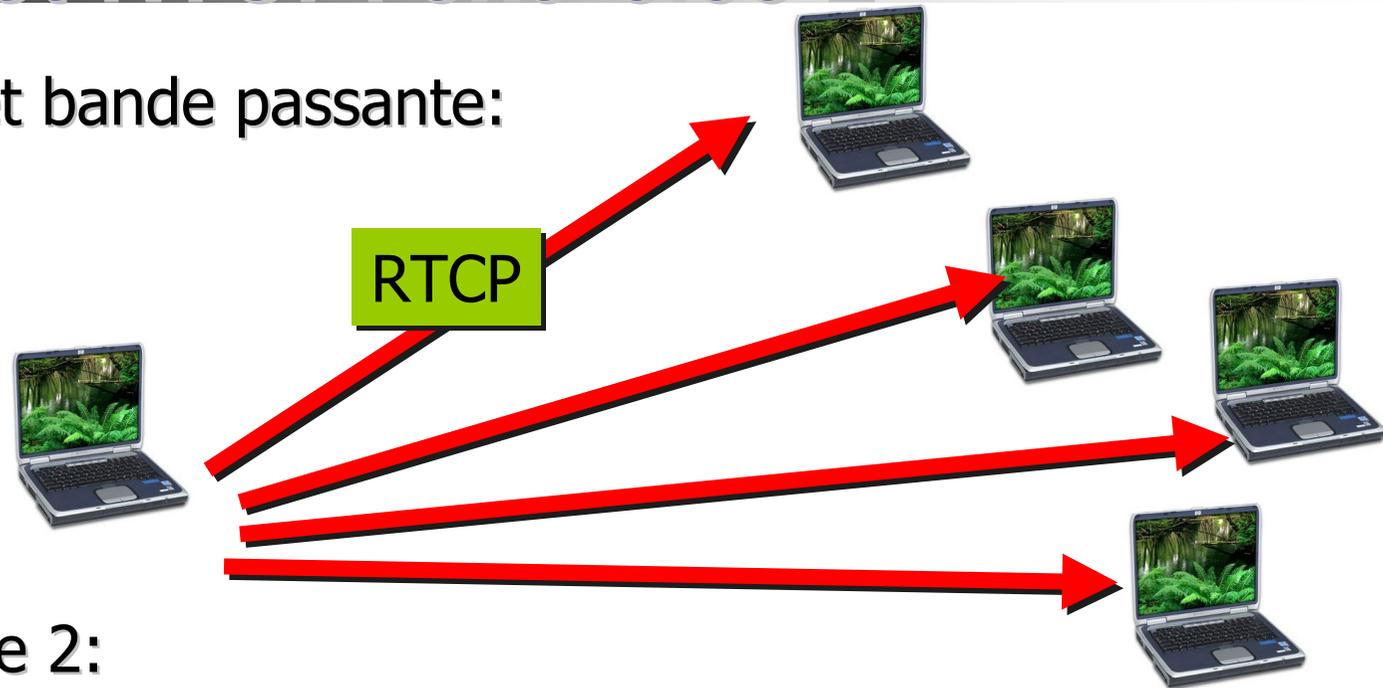


Exercice 2:

RTCP envoie 1 paquet toutes 5 s  
taille d'un paquet 400 octets  
nombre de postes en conférence 16  
débit de la ligne 10 Mb/s

## RTP et RTCP: exercice 2

RTCP et bande passante:



Exercice 2:

RTCP envoie 1 paquet toutes 5 s

taille d'un paquet 400 octets

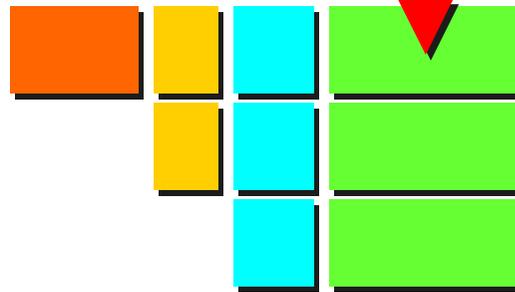
nombre de postes en conférence 16

débit de la ligne 10 Mb/s = >

donner pourcentage du débit RTCP

## RTP et RTCP : exercice 3

Chaque paquet RTP ajoute énormément d'information « inutile » à celle du **codeur**:



## RTP et RTCP : exercice 3

Chaque paquet RTP ajoute énormément d'information « inutile » à celle du codeur:

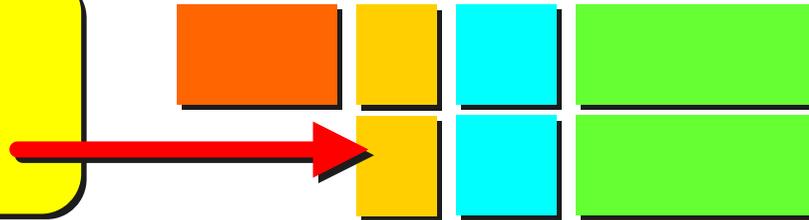
20 octets d'en-tête IP



## RTP et RTCP : exercice 3

Chaque paquet RTP ajoute énormément d'information « inutile » à celle du codeur:

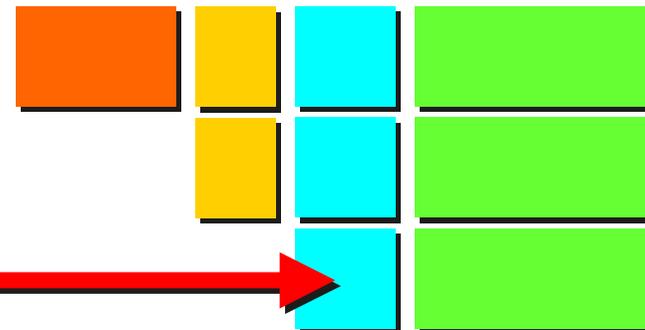
- 20 octets d'en-tête IP
- 8 octets d'en-tête UDP



## RTP et RTCP : exercice 3

Chaque paquet RTP ajoute énormément d'information « inutile » à celle du codeur:

- 20 octets d'en-tête IP
- 8 octets d'en-tête UDP
- 12 octets d'en-tête RTP



## RTP et RTCP : exercice 3

Chaque paquet RTP ajoute énormément d'information « inutile » à celle du codeur:

- 20 octets d'en-tête IP
- 8 octets d'en-tête UDP
- 12 octets d'en-tête RTP

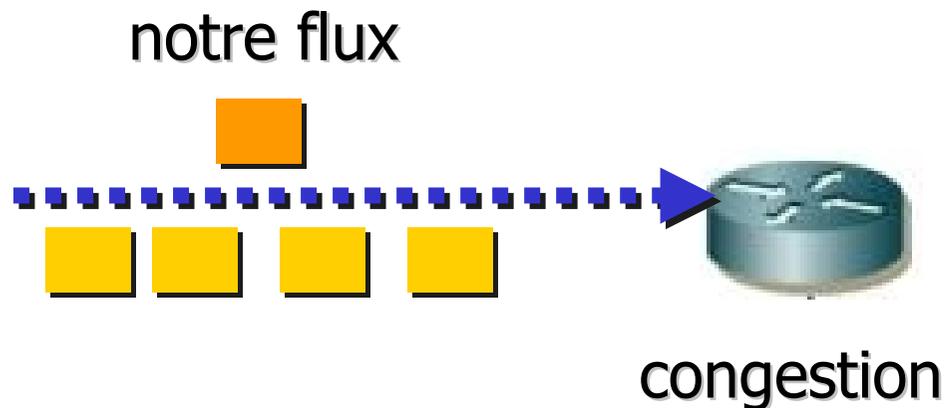
Exercice 3:

Calculer le débit du codec pour:

- la durée du champs utile - 30 ms
- débit supplémentaire pour les en-têtes - 10,6 Kb/s

# RTP et perte de paquets

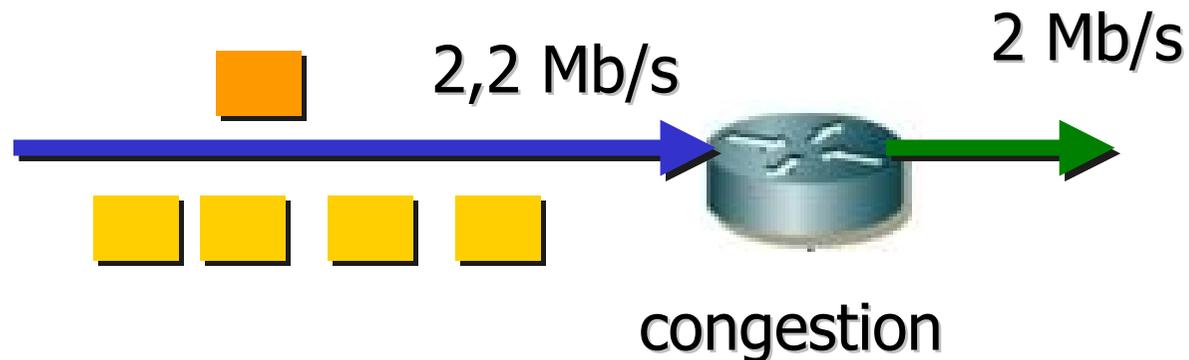
Si un lien est congestionné, alors l'ajout de redondance améliore la situation pour le flux entrant et redondant.



## RTP et perte de paquets

Si un lien est congestionné, alors l'ajout de redondance améliore la situation pour le flux entrant et redondant.

Par exemple nous avons une congestion sur un lien 2 Mb/s qui reçoit 2,2 Mb/s.

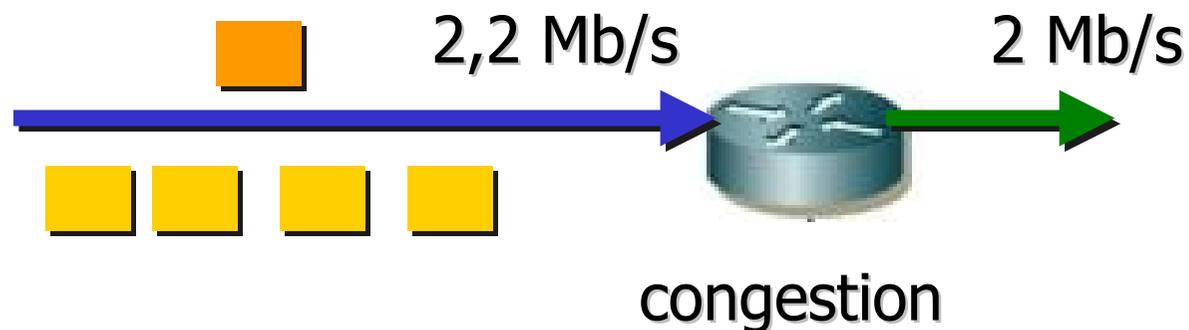


## RTP et perte de paquets

Si un lien est congestionné, alors l'ajout de redondance améliore la situation pour le flux entrant et redondant.

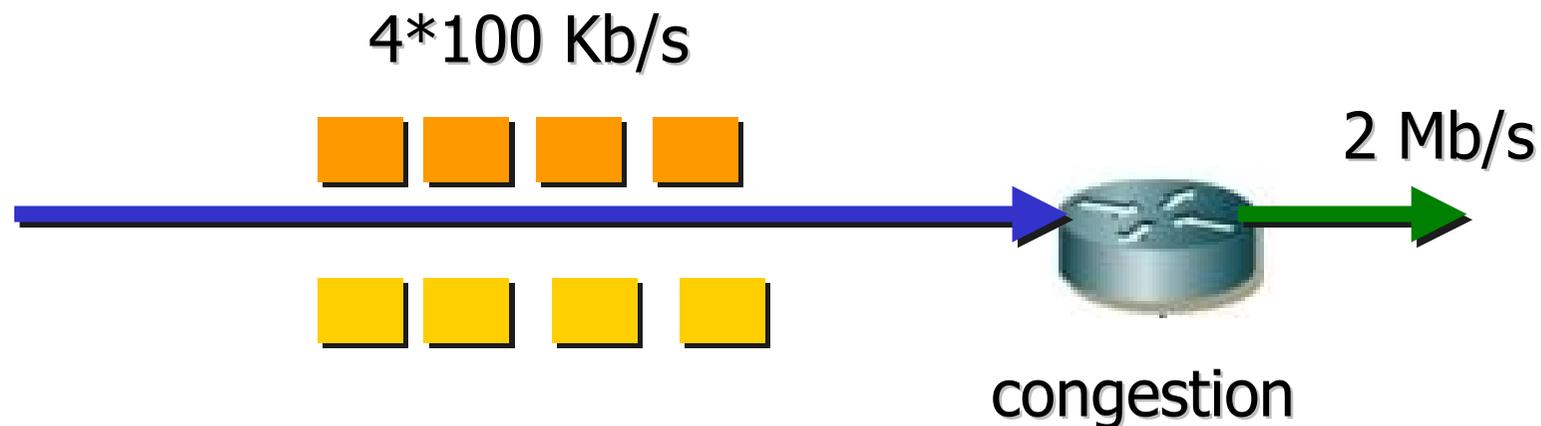
Par exemple nous avons une congestion sur un lien 2 Mb/s qui reçoit 2,2 Mb/s.

Le taux de **perte moyen** est de:  $0,2/2,2 =$



# RTP et perte de paquets

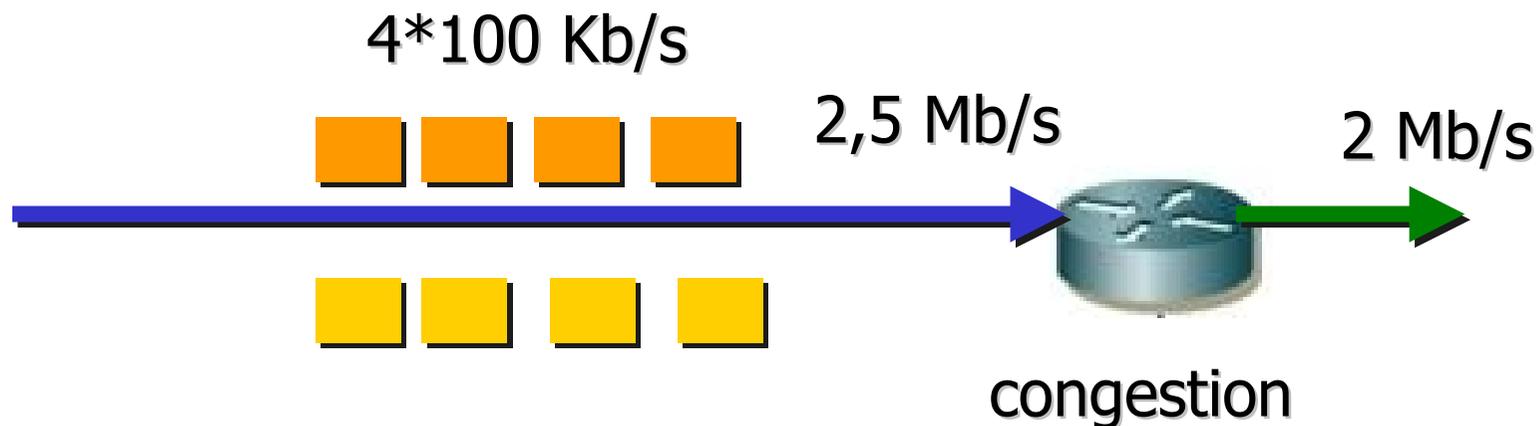
Si parmi ces flux se trouve un flux de 100 Kb/s nous pourrions l'envoyer avec une redondance de 4 (4 fois la même trame à la suite).



## RTP et perte de paquets

Si parmi ces flux se trouve un flux de 100 Kb/s nous pourrions l'envoyer avec une redondance de 4 (4 fois la même trame à la suite).

La ligne reçoit maintenant 2,5 Mb/s et le taux de perte est:  
 $0,5/2,5 =$

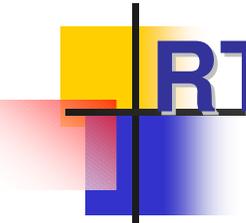


# RTP et perte de paquets

Exercice 4a:

Calculer la probabilité de perte dans le flux sans redondance:

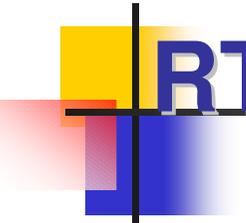
$$(1 - P_0) = 1 - e^{-G} = 1 - 0,914 =$$



# RTP et perte de paquets

Exercice 4b:

Calculer la probabilité de perte d'une trame dans un flux redondant avec 4 fois le même paquet .



# RTP et perte de paquets

Exercice 4b:

Calculer la probabilité de perte d'une trame dans un flux redondant avec 4 fois le même paquet .

La probabilité de perdre une trame est:

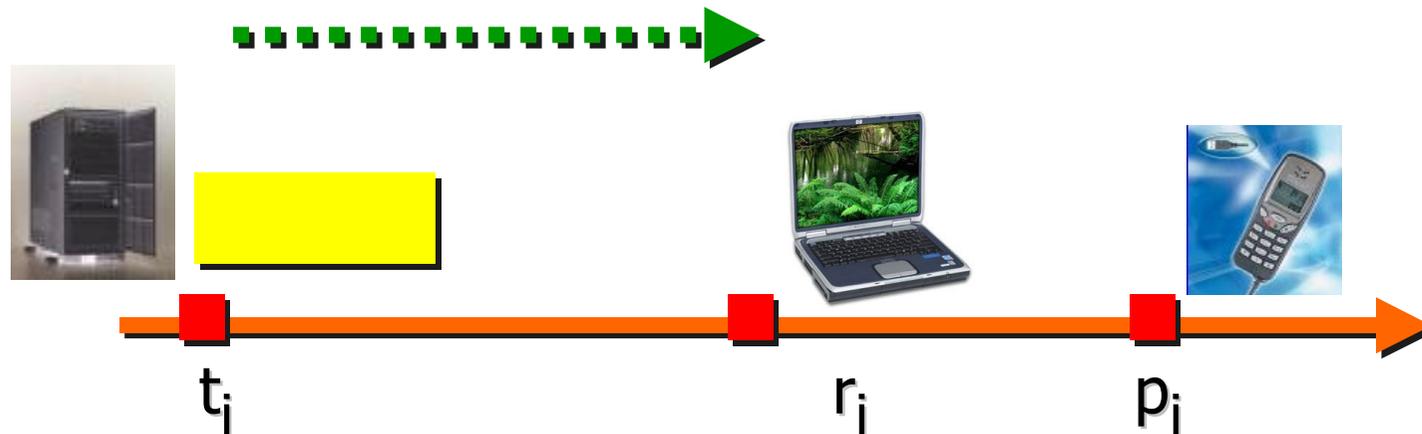
$$(1 - (P_0 + P_1 + P_2 + P_3))$$

$$P_{4 \text{ ou plus}} = \sum_{i=0..3} G^i * e^{-G}/i!$$

# Lecture avec un retard adaptatif

Le paramètre  $d_i$  indique une estimation du **délati moyen**:

$$d_i = (1-u) * d_{i-1} + u * (r_i - t_i)$$

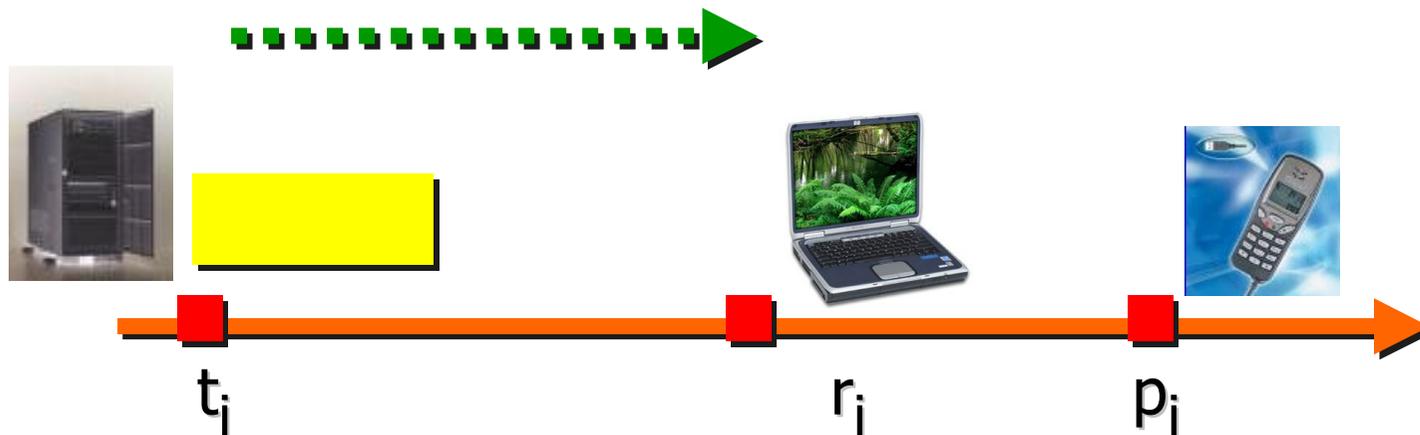


# Lecture avec un retard adaptatif

Le paramètre  $d_i$  indique une estimation du délai moyen:

$$d_i = (1-u) * d_{i-1} + u * (r_i - t_i)$$

Les estimations  $d_i$  sont calculées pour **chaque paquet** reçu.

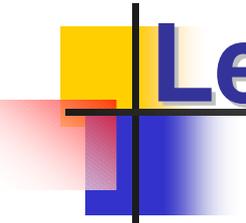




# Lecture avec un retard adaptatif

Prenons  $u = 0,1$ .

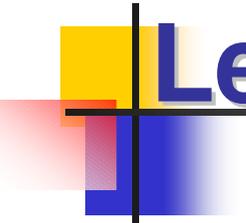
$r1-t1$  est le plus ancien échantillon de retard,  $r2-t2$  est l'échantillon de retard suivant, et ainsi de suite.



# Lecture avec un retard adaptatif

Prenons  $u = 0,1$ .  $r_1-t_1$  est le plus ancien échantillon de retard,  $r_2-t_2$  est l'échantillon de retard suivant, et ainsi de suite.

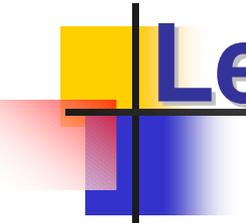
Pour une application audio supposons **quatre paquets** arrivés au récepteur avec les échantillons de **retards**:  $t_1-r_1$ ,  $r_2-t_2$ ,  $r_3-t_3$ , et  $r_4-t_4$ .



# Lecture avec un retard adaptatif

Exercice 5:

- Exprimer l'estimation du retard en termes de **quatre échantillons**



# Lecture avec un retard adaptatif

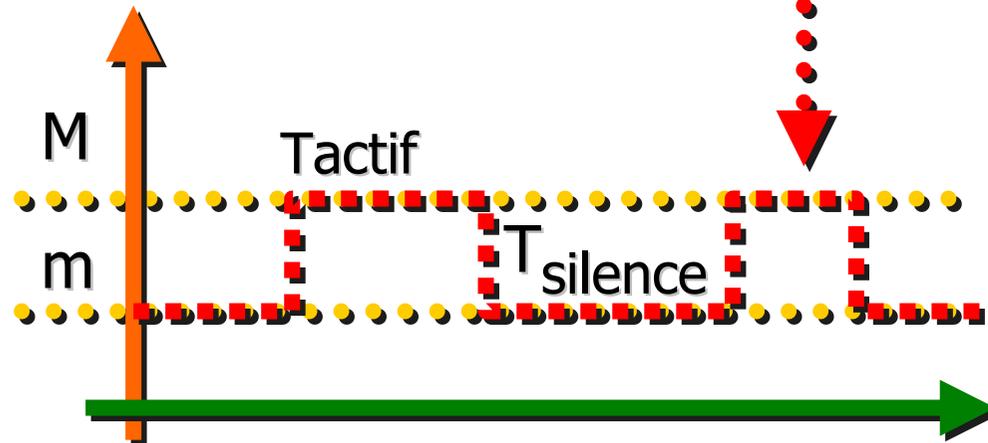
Exercice 5:

- Exprimer l'estimation du retard en termes de quatre échantillons
- Généraliser la formule pour  $n$  échantillons de retard

# VoIP dimensionnement du réseau

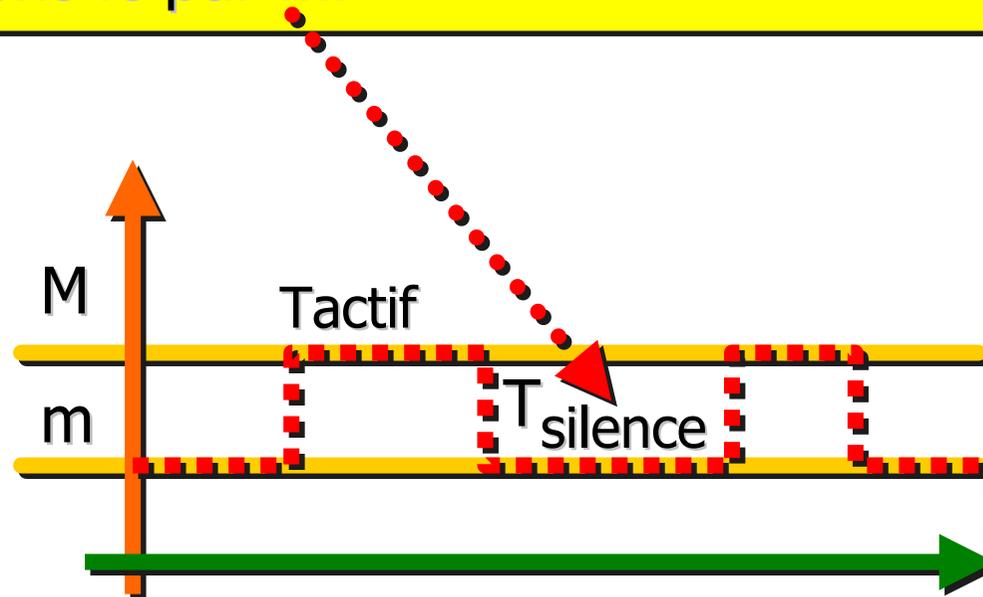
Les codeurs de parole implémentent la détection d'activité vocale (VAD).

Le débit d'activité est constant, notons le par  $M$ .



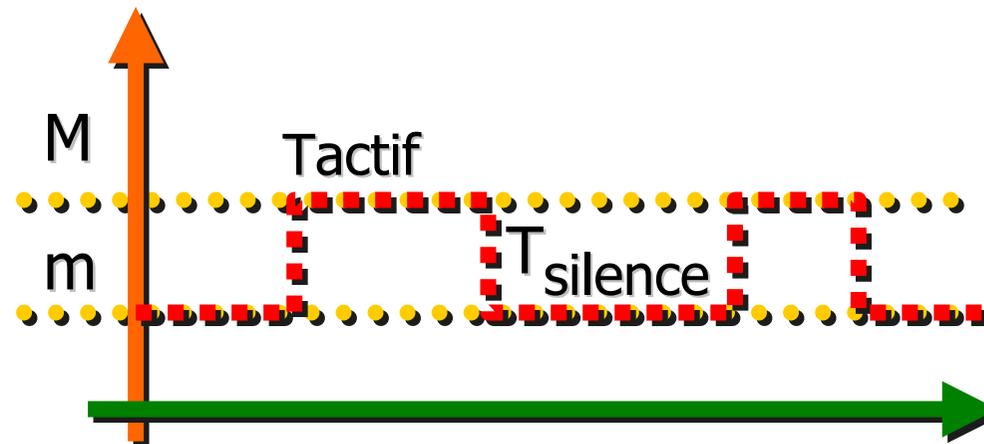
# VoIP dimensionnement du réseau

Dans la **périodes de silence** le codeurs très simples ont un débit nul, le codeurs avancés **G.723.1** ou **G.729** envoient les paramètres tels que le niveau de bruit de fond etc.; notons le par **m**.



# VoIP dimensionnement du réseau

codec	trames/paquet	M(Kb/s)	m(Kb/s)
G.723.1 (5,3 Kb/s)	1	16	11,73
G.723.1 (6,4 Kb/s)	1	17,07	11,73
G.729	3	20,27	13,87



# VoIP dimensionnement du réseau

Les en-têtes



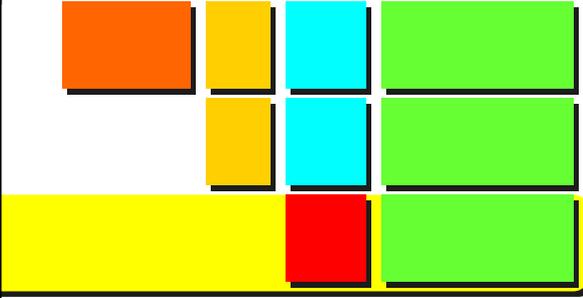
# VoIP dimensionnement du réseau

Les en-têtes

en-tête IPV4	20 octets				
en-tête UDP	8 octets				

# VoIP dimensionnement du réseau

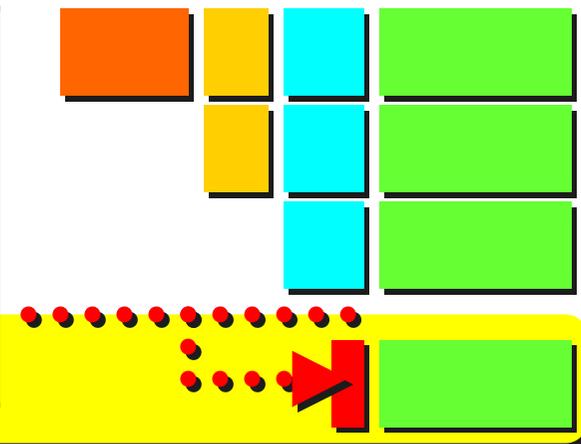
Les en-têtes

en-tête IPV4	20 octets	
en-tête UDP	8 octets	
en-tête RTP	12 octets	

# VoIP dimensionnement du réseau

## Les en-têtes

en-tête IPV4	20 octets
en-tête UDP	8 octets
en-tête RTP	12 octets
en-tête <b>CRTP</b>	2 octets



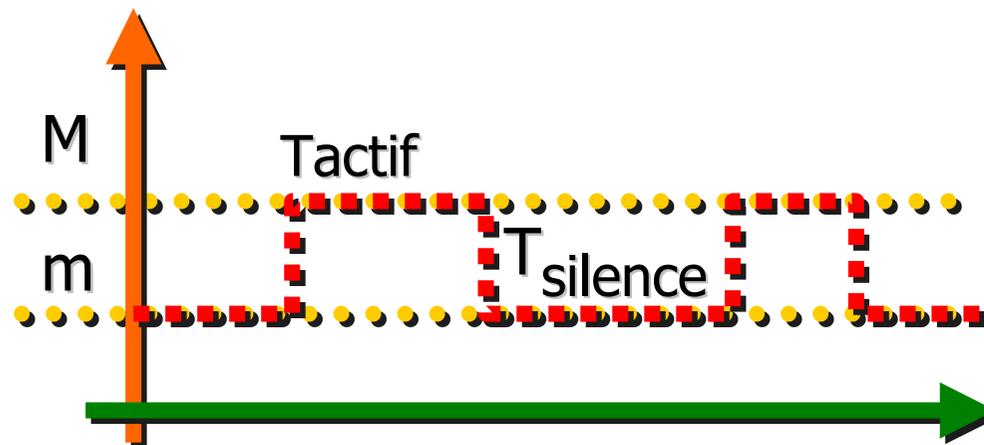
Exercice:

En-tête CRTP est un en-tête IP,UDP,RTP compressé:  
de 40 à 2 ou 4 octets – expliquer comment c'est possible ?

# VoIP dimensionnement du réseau

taux d'activité

35%

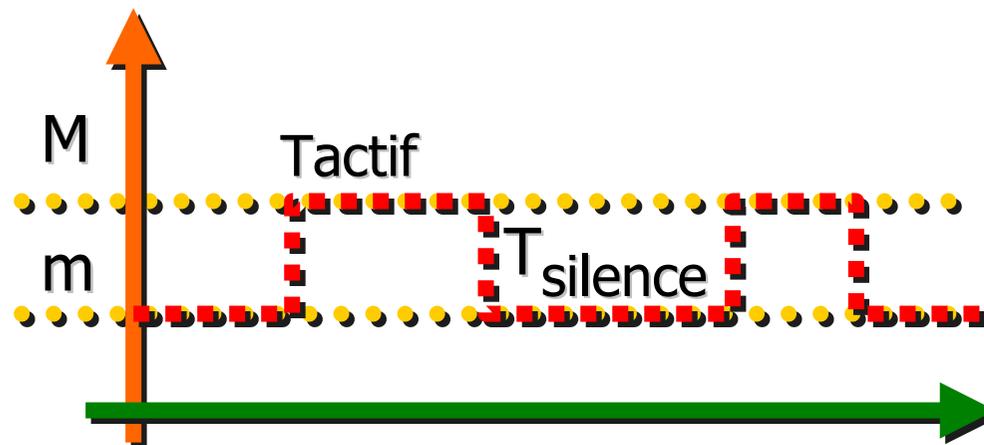


# VoIP dimensionnement du réseau

taux d'activité	35%
-----------------	-----

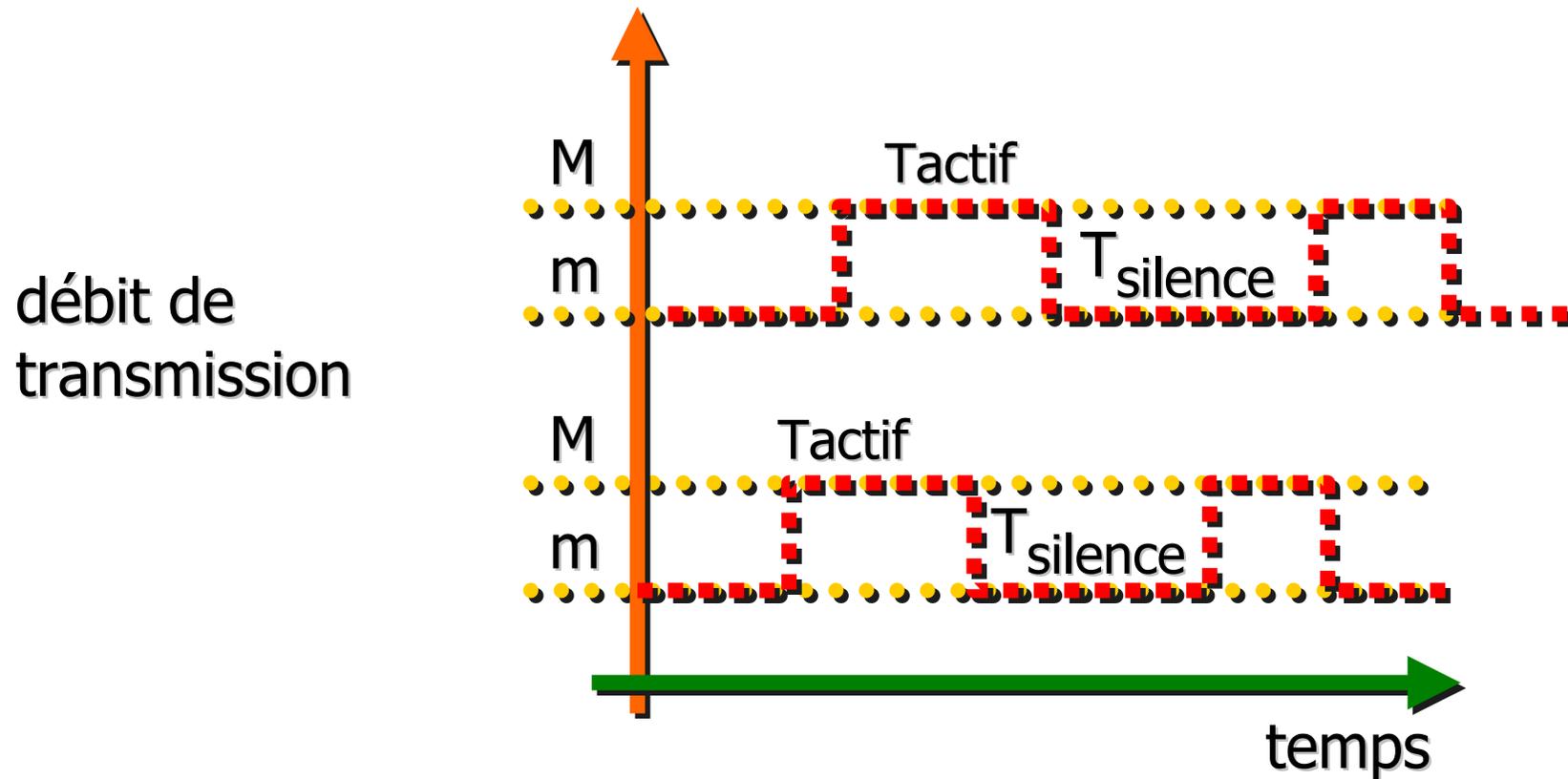
Le taux d'activité est défini comme:

$$R = \frac{\sum T_{\text{actif}}}{\sum (T_{\text{actif}} + T_{\text{silence}})}$$



# VoIP : exercice 6

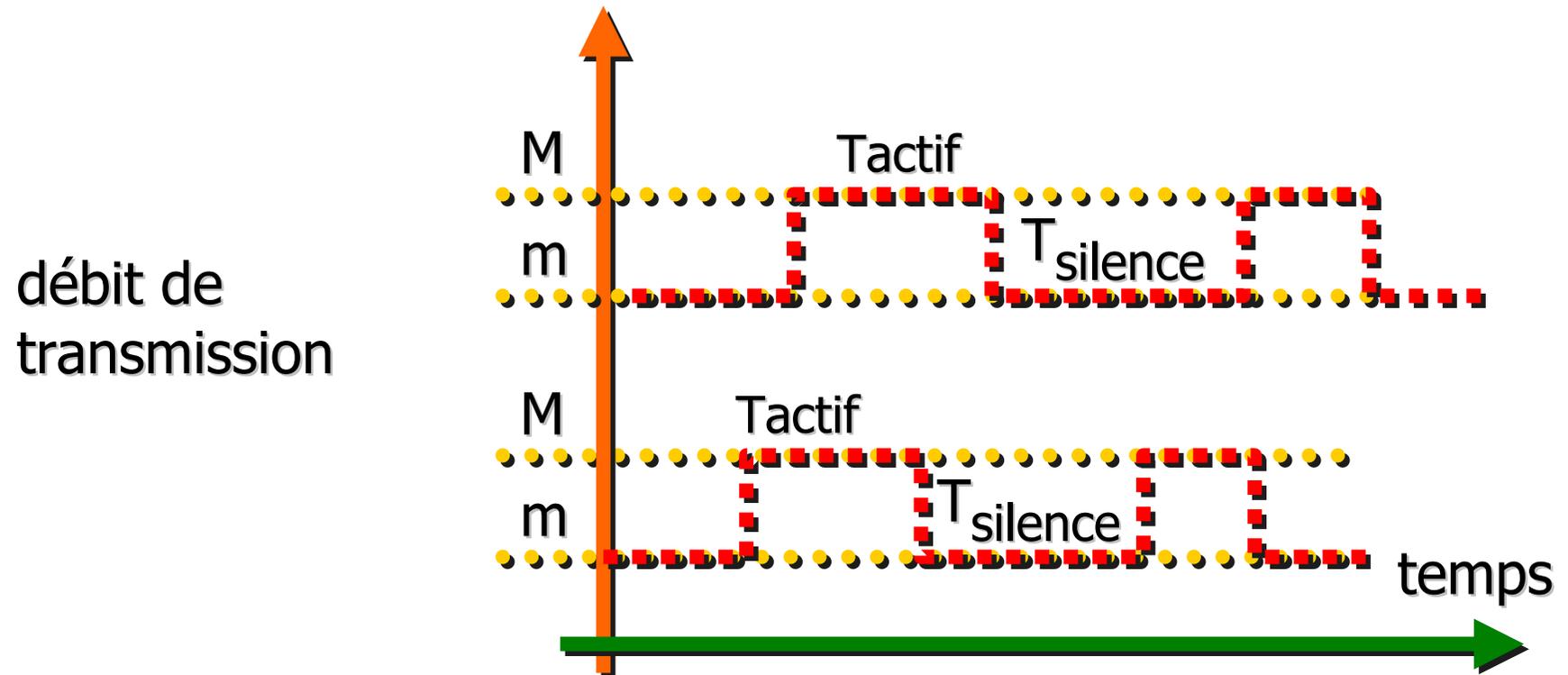
Prenons  $N$  conversations non corrélées.



# VoIP : exercice 6

Prenons  $N$  conversations non corrélées.

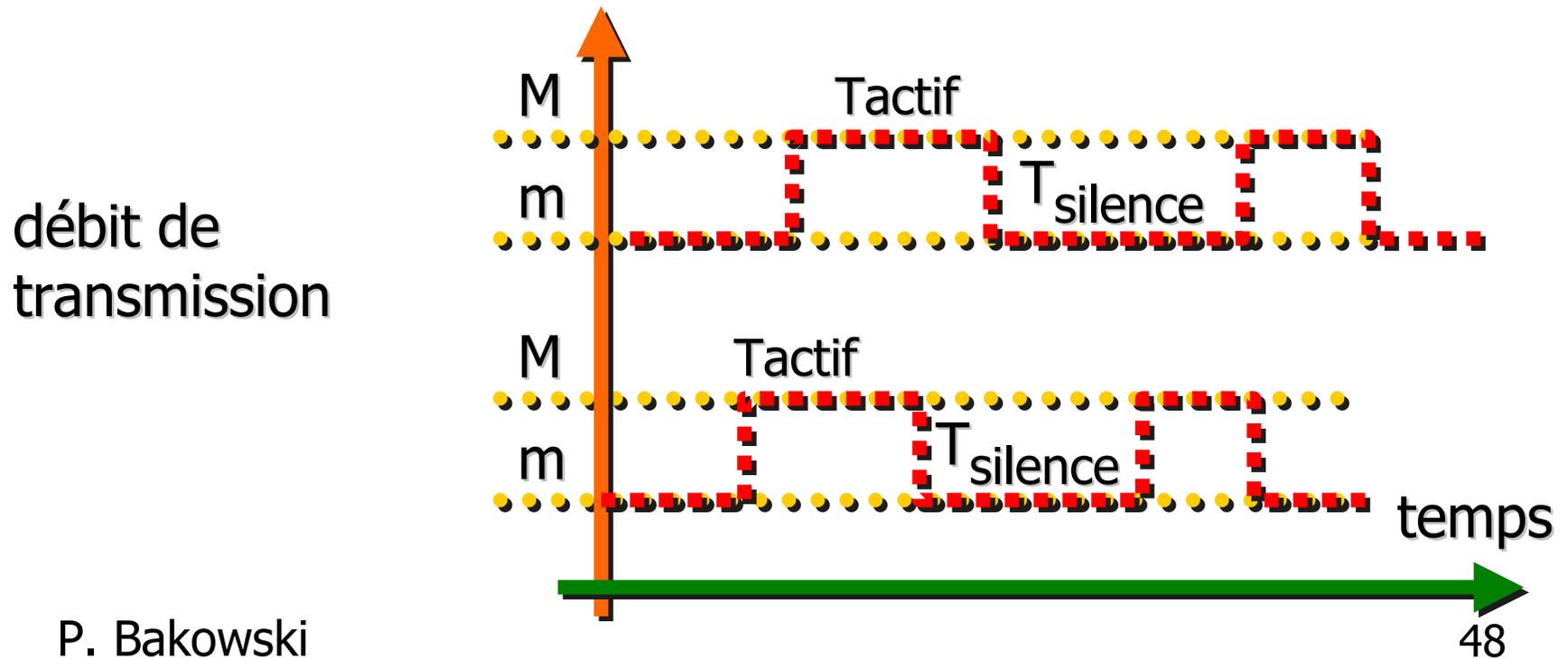
La capacité nécessaire est **inférieure** à  $N*M$ .

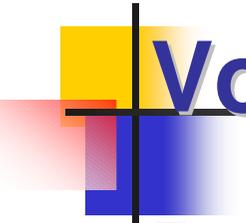


# VoIP : exercice 6

Exercice 6:

Trouver la formule qui exprime le **débit moyen** pour très grands  $N$ .





## VoIP : exercice 6

---

Exercice 6a:

Trouver la formule qui exprime le débit moyen pour très grands  $N$ .

Exercice 6b:

Calculer le débit moyen pour  $a=0,4$   $N=100$  et les valeurs de  $M$  et  $n$  pour le codec G.723.1 avec le débit de 6,4 Kb/s.

# VoIP dimensionnement du réseau

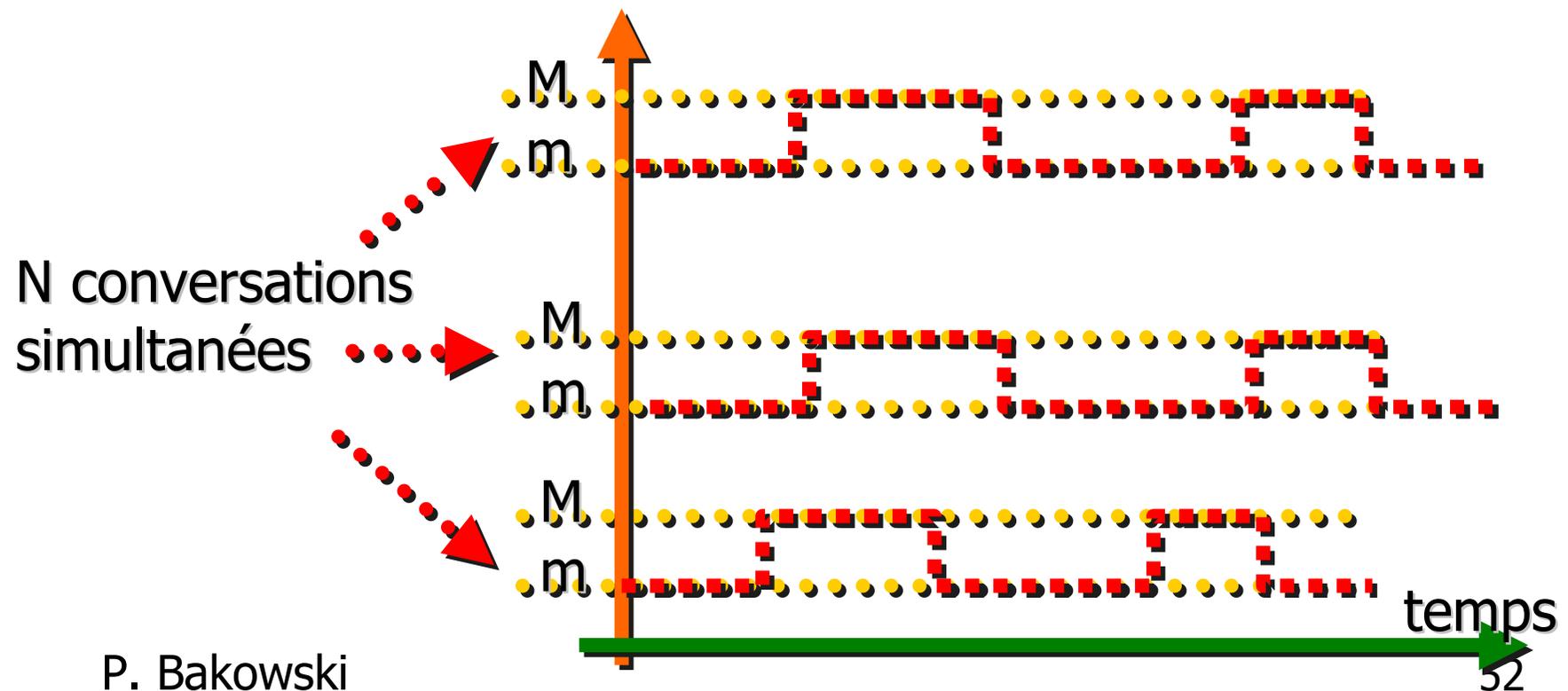
	<b>G.723.1</b>	<b>G.723.1</b>	<b>G.723.1(s)</b>	<b>G.729</b>
taille de trame	20 octets	24 octets	4 octets	10 octets
durée de trame	30 ms	30 ms	30 ms	10 ms
trames/ paquet	1	1	1	3
débit sans entête	5,3 Kb/s	6,4 Kb/s	1,7 Kb/s (silence)	8,0 Kb/s

# VoIP dimensionnement du réseau

	G.723.1	G.723.1	G.723.1(s)	G.729
débit avec entête - 40 octets	16,0 Kb/s	17,7 Kb/s	11,73 Kb/s	18,67Kb/s
débit moyen	13,23 Kb/s	13,60 Kb/s		15,55 Kb/s
débit avec entête - 2 octets	5,87 Kb/s	6,93 Kb/s	1,60 Kb/s	8,53 Kb/s
débit moyen	9,68 Kb/s	10,05 Kb/s		12,00 Kb/s

# VoIP taux de perte

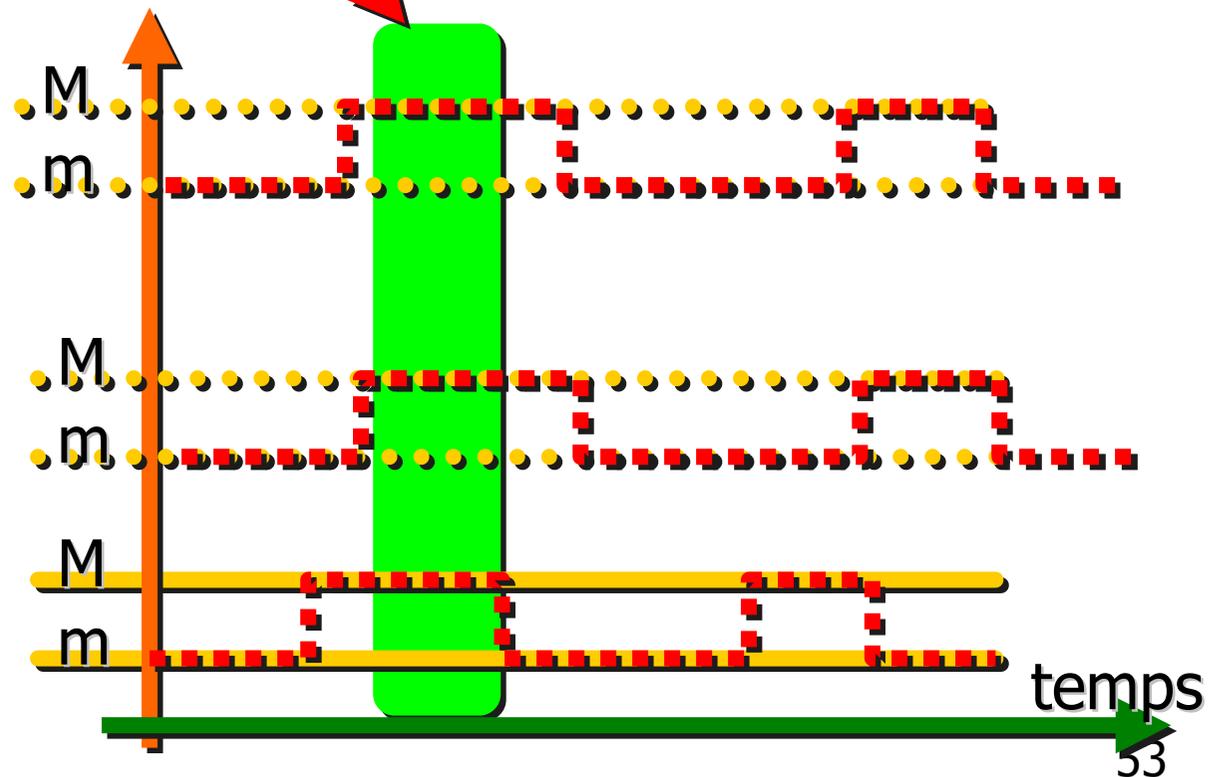
Etant donne une bande passante  $B$  sur un lien et  $N$  conversations simultanées sur ce lien, nous allons évaluer le taux de perte.



# VoIP taux de perte

Pour  $i$  sessions actives simultanément le débit offert est:

$$D(i) = i * M + (N-i) * m$$



# VoIP taux de perte

Tous les paquets excédant la **capacité B** sont perdus, le débit perdu est:

$$DP(i,B) = D(i) - B$$

# VoIP taux de perte

Tous les paquets excédant la capacité B sont perdus, le débit perdu est:

$$DP(i,B) = D(i) - B$$

Le nombre de **bits perdus** pendant un intervalle  $T_i$  est:

$$BP(i,B,T_i) = T_i * (i * M + (N-i) * m - B)$$

## VoIP taux de perte

Sur un intervalle de temps T le taux moyen de perte en bits est donné par:

$$TP = \sum_{i=0-N} T * (i * M + (N - i) * m - B) / T * N * (a * M + (1 - a) * m)$$

# VoIP taux de perte

Sur un intervalle de temps T le taux moyen de perte en bits est donné par:

$$TP = \sum_{i=0}^{N-1} T * (i * M + (N - i) * m - B) / T * N * (a * M + (1 - a) * m)$$

En guise d'exemple, nous prenons le codeur G.729 avec **3 trames par paquet** – en incluant les en-têtes IP/UDP/RTP, soit **M=18,67** et **m=13,87**, et un taux d'activité de **0,5**. Débit nominal du lien est **64 Kb/s**.

## VoIP taux de perte

Sur un intervalle de temps T le taux moyen de perte en bits est donné par:

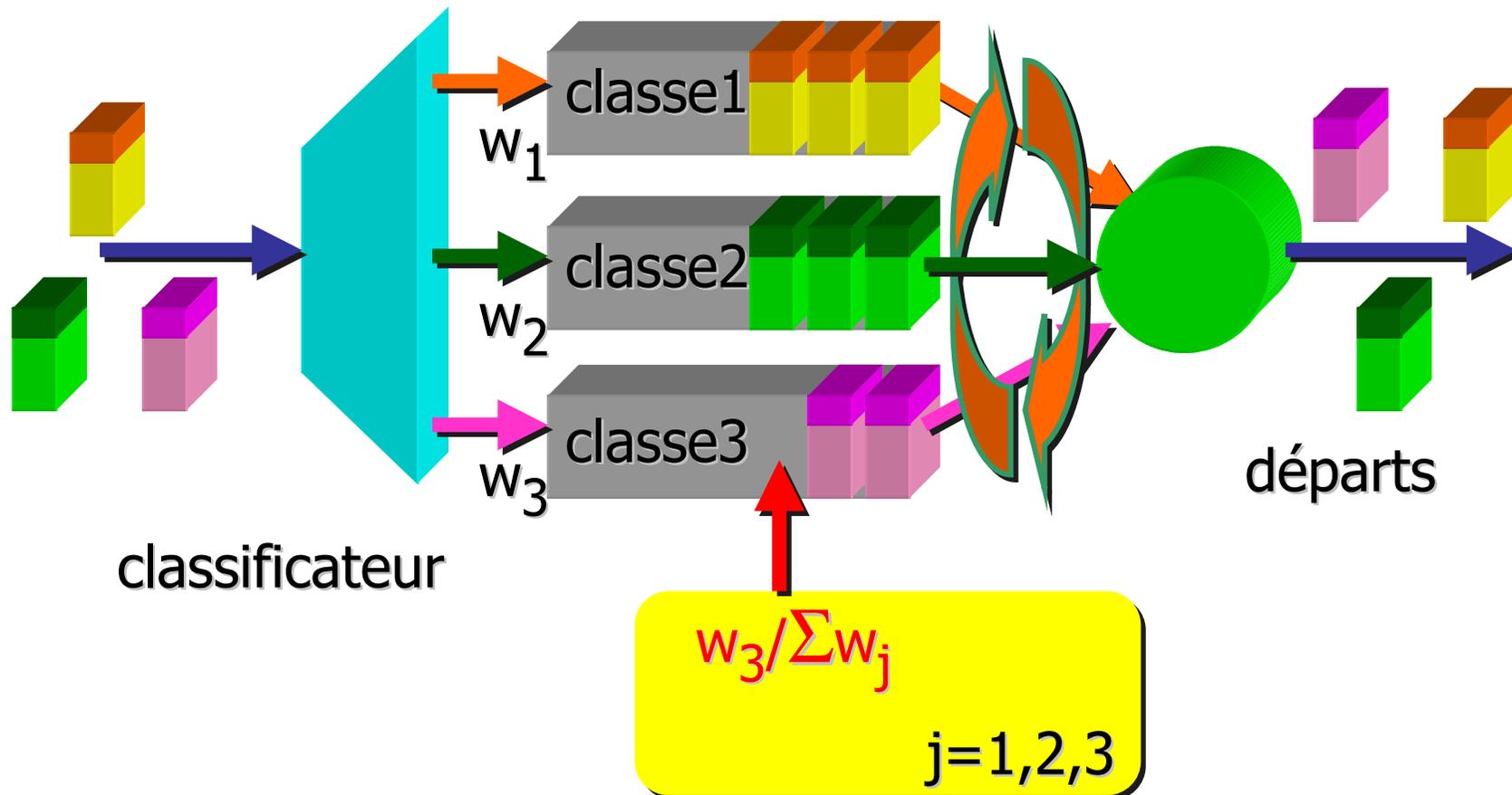
$$TP = \sum_{i=0-N} T * (i * M + (N - i) * m - B) / T * N * (a * M + (1 - a) * m)$$

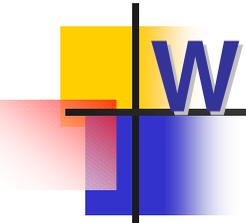
En guise d'exemple, nous prenons le codeur G.729 avec 3 trames par paquet – en incluant les en-têtes IP/UDP/RTP, soit  $M=18,67$  et  $m=13,87$ , et un taux d'activité de 0,5. Débit nominal du lien est 64 Kb/s.

Exercice 8:

Evaluer le taux moyen de perte de paquets pour **max 4 appels simultanés**

# WFQ – file d'attente pondérée





# WFQ politique d'ordonnancement

- Prenons une politique **d'ordonnancement pondéré** - *Fair Queuing* appliquée à une mémoire tampon qui gère trois classes.



# WFQ politique d'ordonnancement

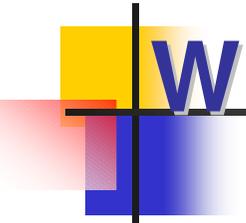
- Prenons une politique d'ordonnancement pondéré - *Fair Queuing* appliquée à une mémoire tampon qui gère trois classes.
- On suppose que le poids sont de 0,5, 0,25 et 0,25 pour les **trois classes**.



# WFQ politique d'ordonnancement

Exercice 9:

A. Supposons que chaque classe a un grand nombre de paquets dans le tampon. Dans quel ordre sont servi les **trois classes selon les poids WFQ** ? (la séquence naturelle est 123123123...)



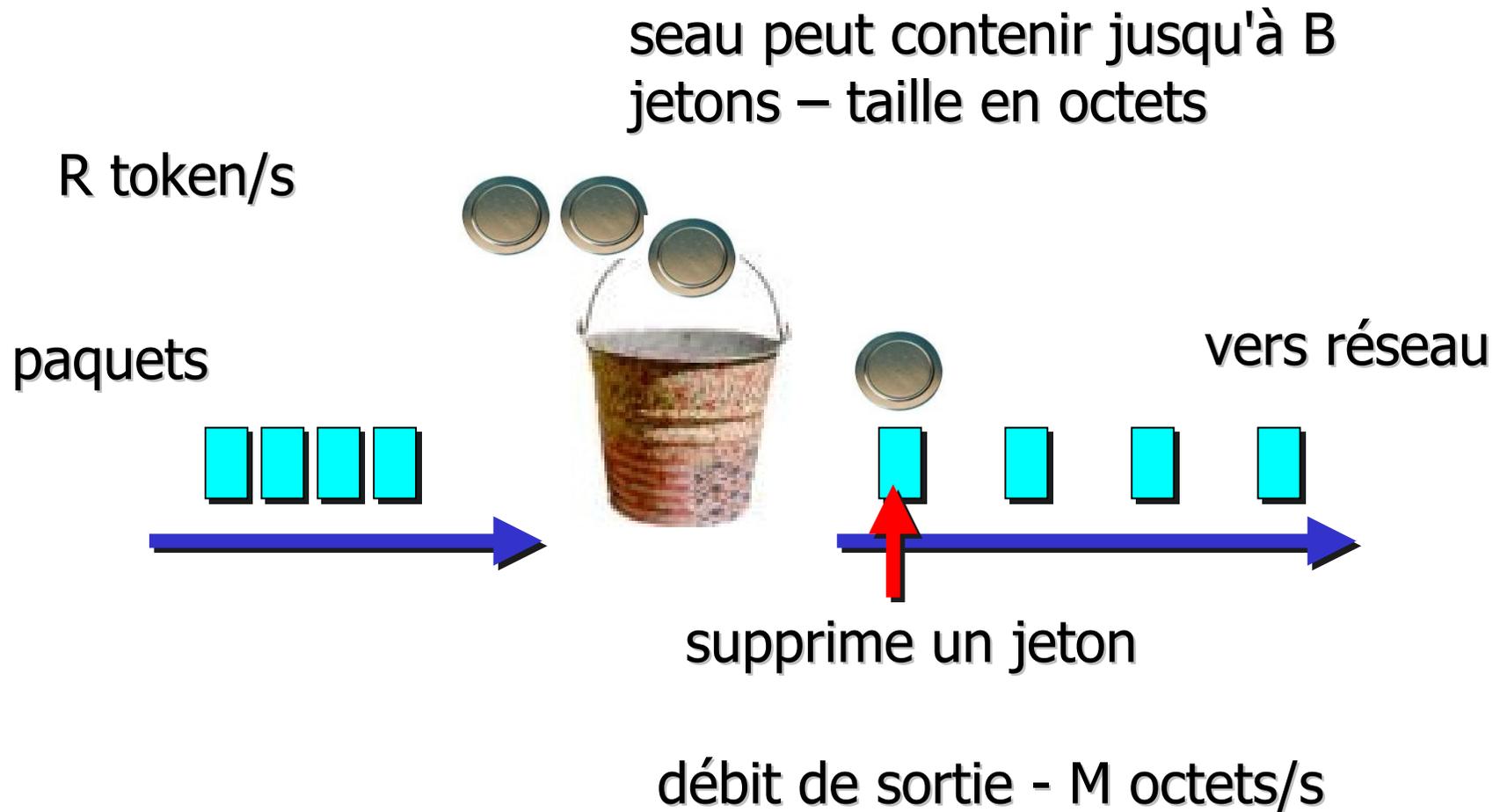
# WFQ politique d'ordonnancement

## Exercice 9:

A. Supposons que chaque classe a un grand nombre de paquets dans le tampon. Dans quel ordre sont servi les trois classes selon les poids WFQ ? (la séquence naturelle est 123123123...)

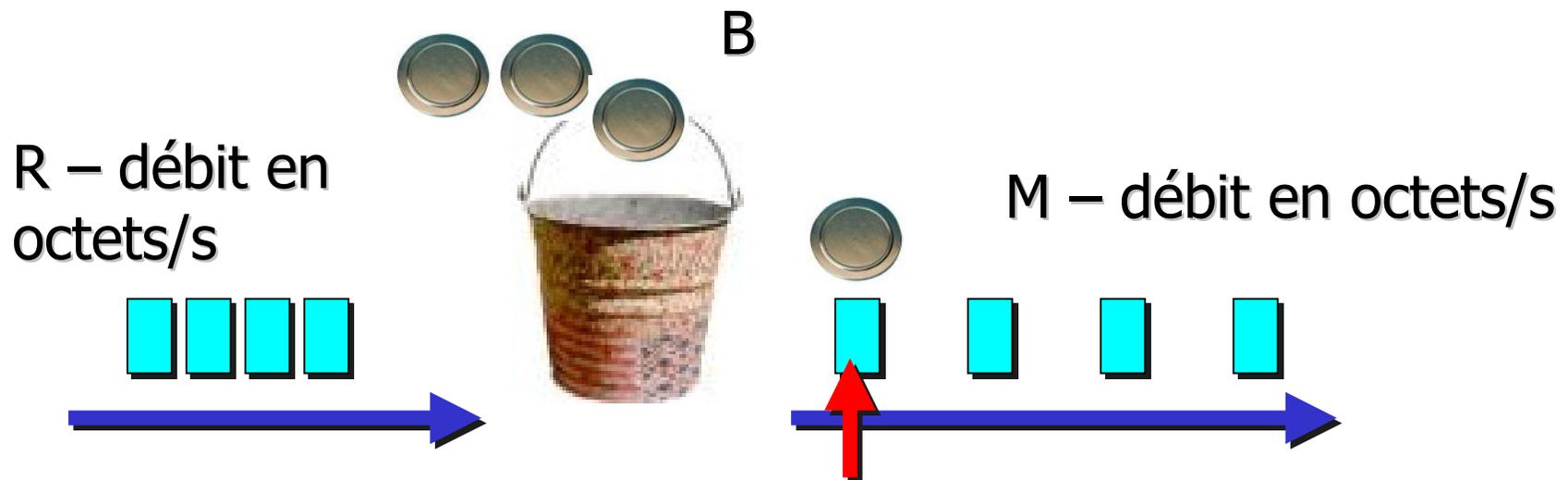
B. Supposons que les classes 1 et 2 ont un grand nombre de paquets dans le tampon, et que la **classe 3 est vide**. Dans quel ordre peuvent-êtré servi les trois classes selon les poids WFQ ?

# Seau à jetons - *Token Bucket*



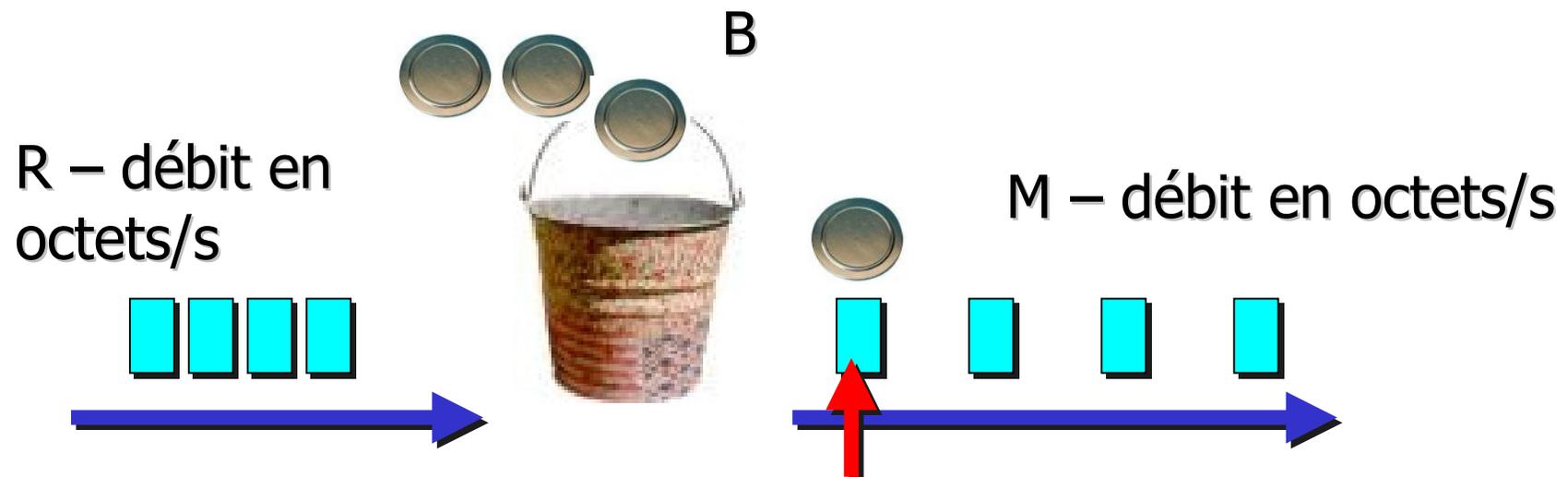
# Seau à jetons

- Le seau à jeton place une limite sur la période de temps au cours de laquelle le trafic peut approcher le **débit maximal**.



# Seau à jetons

- Le seau à jeton peut être défini par la **taille** en octets par **B**, le **débit** d'arrivée par **R octets/s**, et le débit de sortie par **M octets/s**.





# Seau à jetons

---

Exercice 10:

Dérivez une formule pour  $S$ , qui est la longueur maximale d'une rafale.



# Seau à jetons

---

Exercice 10:

Dérivez une formule pour  $S$ , qui est la longueur maximale d'une rafale.

Ce paramètre informe, quel est le **temps** pendant lequel le **flux** est transmis avec le **débit de sortie maximal**?



## Seau à jetons

---

Exercice 10:

Dérivez une formule pour  $S$ , qui est la longueur maximale d'une rafale.

Ce paramètre informe, quel est le temps pendant lequel le flux est transmis avec le débit de sortie maximal?

**Remarque:** La formule pour  $S$  n'est pas aussi simple que cela puisse paraître, car pendant l'écoulement de la rafale il y **plus de jetons qui arrivent**.



## Seau à jetons

---

Exercice 10:

Dérivez une formule pour  $S$ , qui est la longueur maximale d'une rafale.

Ce paramètre informe, quel est le temps pendant lequel le flux est transmis avec le débit de sortie maximal?

Quelle est la valeur de  $S$  pour:

$B = 250 \text{ Ko/s}$ ,  $R = 2 \text{ Mo/s}$ , et  $M = 25 \text{ Mo/s}$ ?