



# Slalom spécial dans l'aléa du trafic

T. Bonald

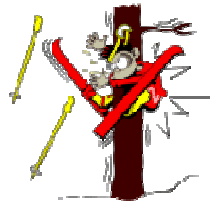
Orange Labs

CFIP 2008



sorties de piste...

"Avec 2 fois plus de trafic,  
chaque utilisateur obtient 2 fois moins de débit."



"En servant en priorité les mobiles proches,  
j'augmente la capacité de ma cellule."



"En servant en priorité les mobiles lointains,  
j'améliore l'équité et donc la satisfaction des  
utilisateurs."

"Pour faire des sous de la différenciation de service,  
je donne 2 fois plus de débit aux utilisateurs premium."



entraînement

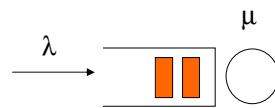
## le parcours

- trafic de données, "élastique"
- dynamique de niveau flot
- hypothèse de partage entre les flots en cours



## le matériel

- théorie des files d'attente
- file M/M/1
- discipline de service "processor-sharing"



charge  $\rho = \lambda / \mu$

stable  $\rho < 1$

$$\pi(n) = (1 - \rho) \rho^n$$

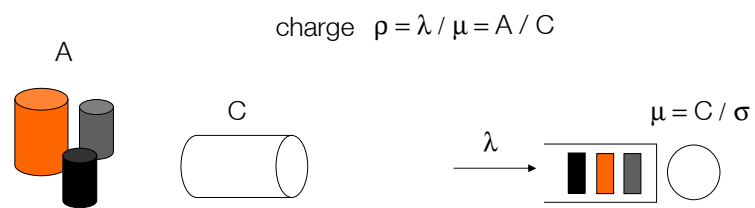
instable  $\rho \geq 1$



Little  $E[n] = \lambda T \Rightarrow T = E[n] / \lambda = 1 / (\mu - \lambda)$

## échauffement

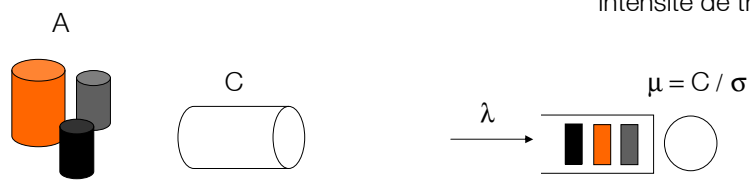
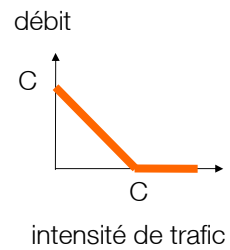
- lien de capacité  $C$  (bit/s)
- arrivées de flots Poisson, taux  $\lambda$  ( $s^{-1}$ )
- tailles de flots exponentielles, moyenne  $\sigma$  (bits)
- intensité de trafic,  $A = \lambda \times \sigma$  (bit/s)



départ...

## calcul de débit moyen

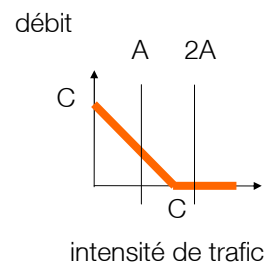
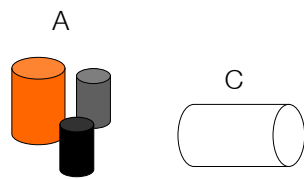
- système stable,  $A < C$
- partage équitable de la bande passante
- temps moyen de transfert,  $T = 1 / (\mu - \lambda)$  (s)
- débit moyen,  $D = \sigma / T = \sigma (\mu - \lambda) = C - A$  (bit/s)



premier virage...

## pics de trafic

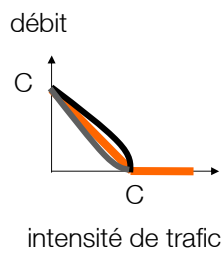
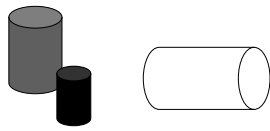
- lien de capacité  $C$  (bit/s)
- intensité de trafic  $A$  (bit/s)
- impact d'un doublement du trafic ?



second virage...

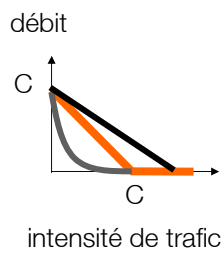
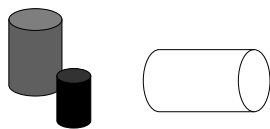
## différenciation de service

- 2 classes, "premium" et "best effort"
- 2 fois plus de débit pour les utilisateurs "premium"
- file d'attente "discriminatory processor-sharing"
- rapport de débit moyen  $D1/D2$  entre 1 et 2, selon la charge



## différenciation de service (efficace)

- priorité stricte au trafic "premium"
- file d'attente prioritaire
- protection du trafic "premium" en cas de surcharge

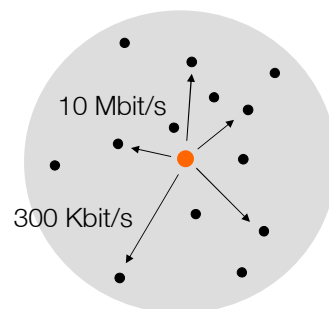




plaque de verglas...

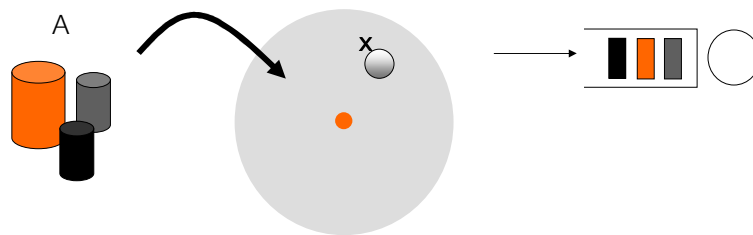
accès radio 3G+

- = station de base
- = mobile



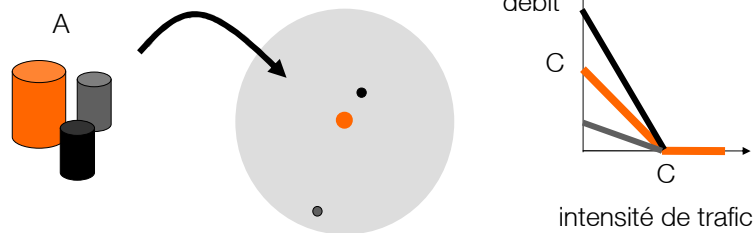
## calcul de capacité

- débit faisable en  $x$ ,  $C(x)$  (bit/s)
- charge en  $x$ , à  $dx$  près,  $A dx / C(x)$
- charge totale,  $\int A dx / C(x)$
- capacité = intensité de trafic  $A$  maximale =  $(\int dx / C(x))^{-1}$

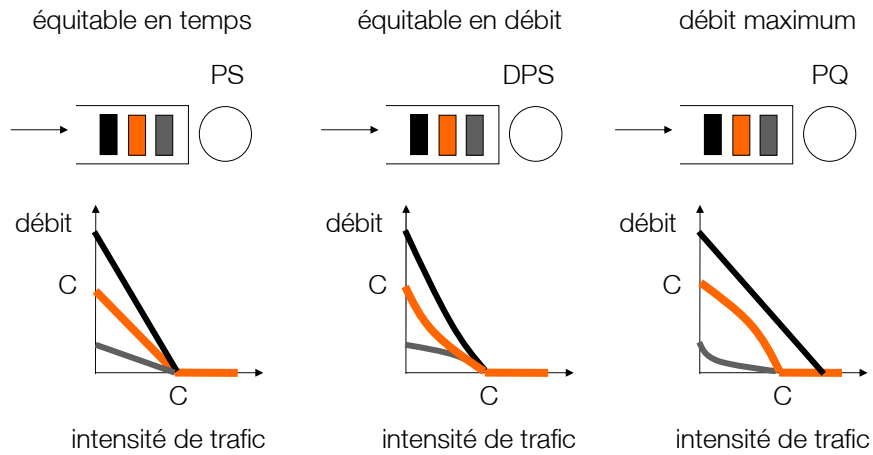


## calcul de débit

- partage équitable en temps entre flots en cours (scheduler round-robin ou proportional fair)
- file d'attente "processor-sharing"
- débit moyen,  $D = C - A$
- débit moyen en  $x$ ,  $D(x) = C(x) (1 - A/C)$

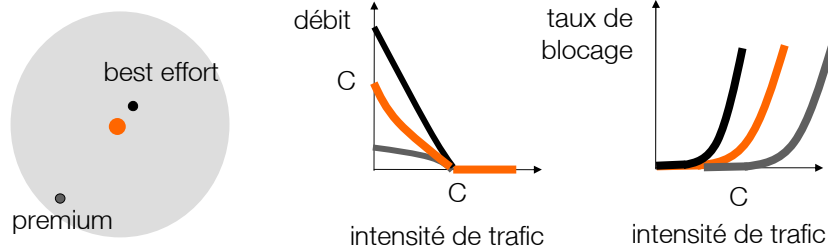


## impact du scheduling



## différenciation de service

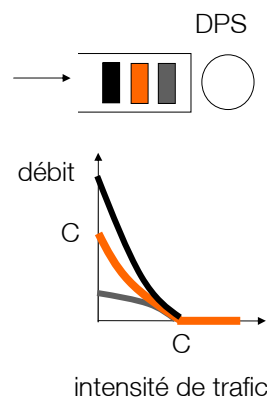
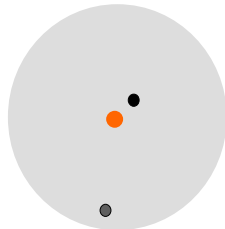
- différenciation en débit ?  
par exemple, 2 fois plus de slots aux utilisateurs "premium"
- différenciation en taux de blocage ?



léger dévers...

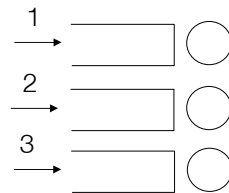
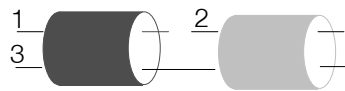
## accès WiFi

- 2 classes, "1 Mbit/s" et "11 Mbit/s"
- même débit pour tous (FIFO)



dernier virage...

## partage de ressources



- équité max-min
- équité proportionnelle
- débit total maximum
- équité " $\alpha$ "

Réseau stable sous les conditions usuelles (trafic < capacité)  
sauf pour l'allocation qui maximise le débit total !

arrivée...

## l'aléa du trafic



- incontournable dans les études de performance, dimensionnement, ingénierie des réseaux
- sortie de piste quasi-assurée sinon
- bagage technique nécessaire = file M/M/1
- ... voire plus si affinités !

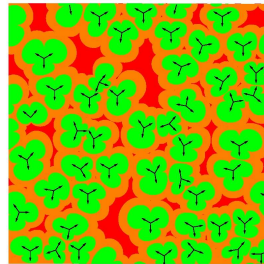
freestyle !

## insensibilité

- la file PS est insensible (comme la formule d'Erlang)
- la formule  $D = C - A$  marche quelles que soient les caractéristiques du trafic (pourvu que les sessions arrivent selon un processus de Poisson)
- en présence de N flots permanents, débit  $D = (C - A) / (N+1)$
- résultats valides en réseau (sous l'équité proportionnelle)

## interférences radio

- l'interférence inter-cellulaire est le principal facteur limitant la capacité des réseaux radio (WiFi, WiMaX, 3G/4G)
- solutions possibles :  
coordination des stations de base, coloriage fréquentiel (hard/soft frequency reuse), etc.
- estimation du gain par l'étude de stabilité du système !



## trafic temps-réel

- voix, TV
- trafic non-réactif, prioritaire
- modèle multi-débit (formule de Kaufman-Roberts)
- étude du régime quasi-stationnaire pour l'impact sur le trafic élastique

