



Approches (m,k)-firm pour la gestion de la QdS temps réel

Yeqiong SONG, LORIA-INPL

D'après travaux communs avec:

- Anis Koubâa (thèse en 2004)
- Jian Li (thèse en cours)

Plan

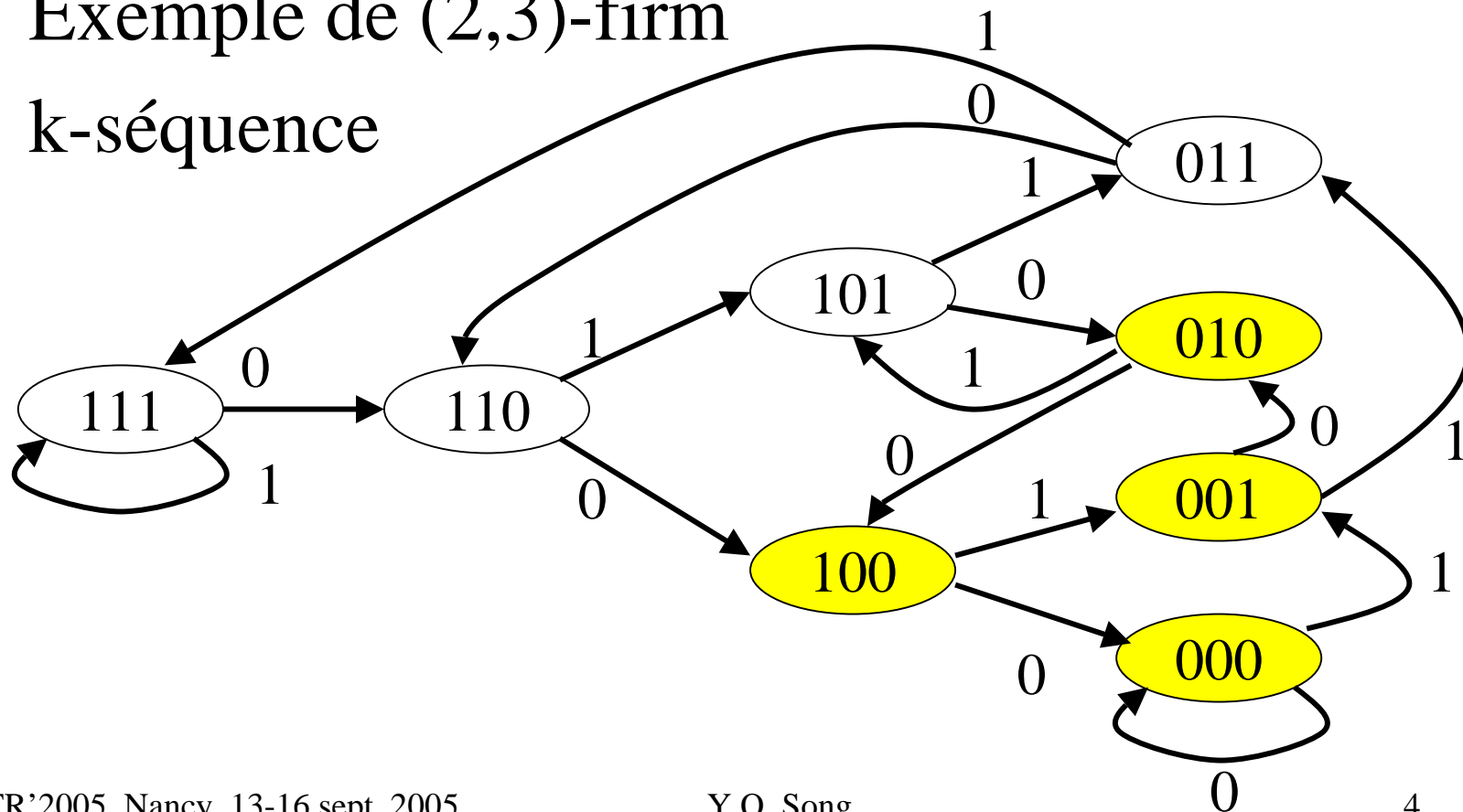
- Notions préliminaires: modèles de contraintes temps réel **dur**, **souple** et **(m,k)-firm**
- Ordonnancement sous contrainte (m,k)-firm: un état de l'art
- (m,k)-firm et QoS dans les réseaux
 - Control d'admission
 - Gestion de la congestion (surcharge)
- Application à la transmission des flux MPEG
- (m,k)-firm permet-elle de diminuer la demande de ressource par rapport à (k,k)-firm ?

(m,k)-firm

- *Temps réel dur*: non respect d'une échéance entraîne des conséquences catastrophiques
- *Temps réel souple*: non respect des échéances entraîne une diminution de performances (QdS dégradée)
 - *Temps réel « firm »*: temps réel souple mais avec le **non traitement des invocations** ne pouvant pas respecter leur échéances (invocations écartées)
 - *(m,k)-firm*: respect des échéances d'au moins m parmi k invocations consécutives quelconques [Hamdaoui95]

(m,k)-firm et états du system

- Exemple de (2,3)-firm
- k-séquence



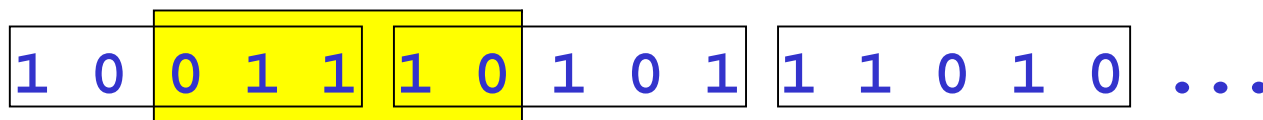
k-séquence et expression de contraintes

(3,5)-firm

- k-séquence fixe = k-pattern



- k-séquence dynamique



Un système exécutant tous les m « 1 » du k-pattern respecte la contrainte (m,k)-firm. La réciproque n'est pas vraie.

Garanties du respect des contraintes

Déterministe

TR dur:

$$P[\text{temps de réponse} \leq \text{échéance}] = 1$$

(m,k)-firm:

$$P[\text{temps de réponse de } m \text{ parmi } k \text{ consécutives} \leq \text{échéance}] = 1$$

En moyenne et probabiliste

TR souple:

temps **moyen** de réponse \leq échéance

$$P[\text{temps } \text{moyen} \text{ de réponse} \leq \text{échéance}] = 1 - \varepsilon$$

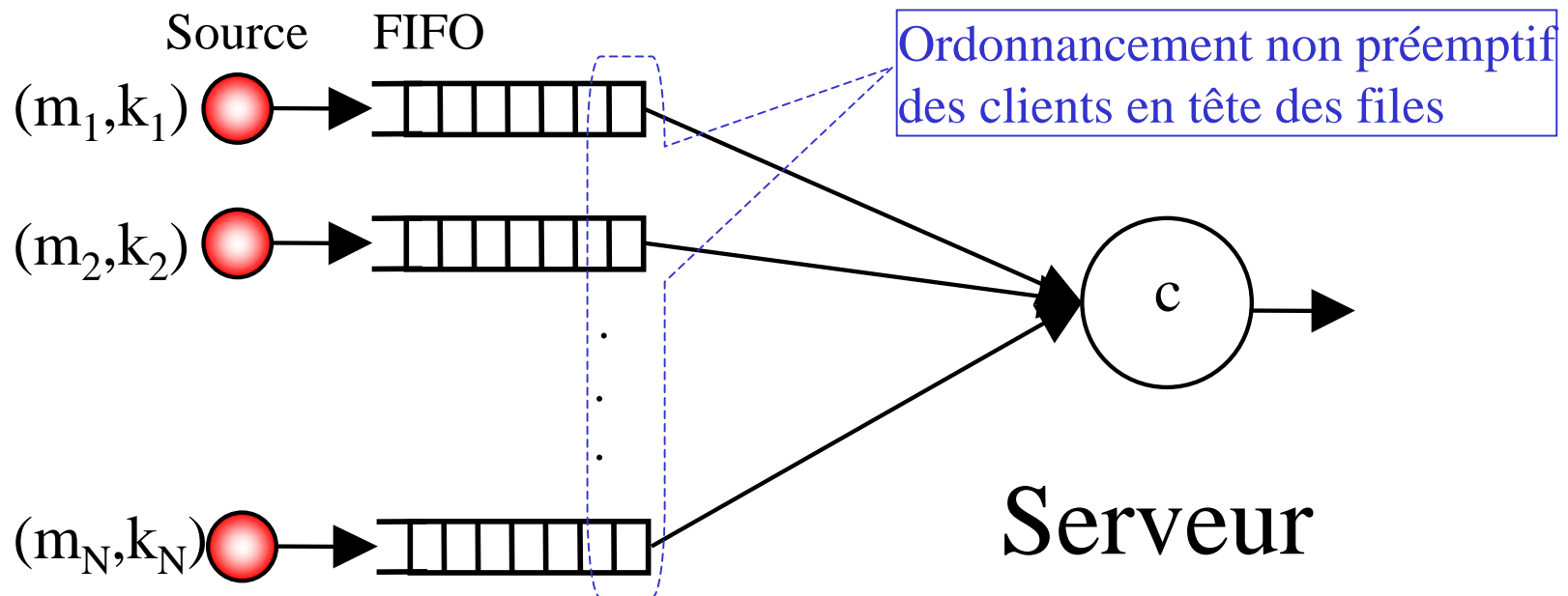
(m,k)-firm:

temps de réponse **de m parmi k consécutives** \leq échéance

$$P[\text{temps de réponse de } m \text{ parmi } k \text{ consécutives} \leq \text{échéance}] = 1 - \varepsilon$$

Modèle

- Partage de serveur avec des sources **sous**
contrainte (m_i, k_i) -firm



Questions qu'on se pose

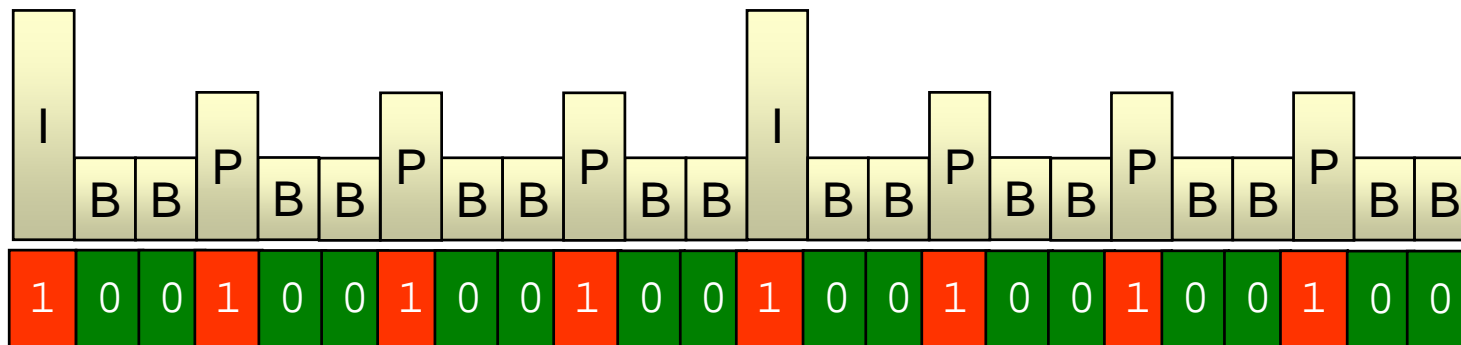
- Quelles applications sous contraintes (m,k) -firm
- Quels algorithmes d'ordonnancement
- Quels avantages
 - Si garantie en moyenne et probabiliste, relaxation de demande de ressources
 - Si garantie déterministe, relaxation de demande de ressources **dans certains cas**

Pourquoi s'intéresser à (m,k)-firm

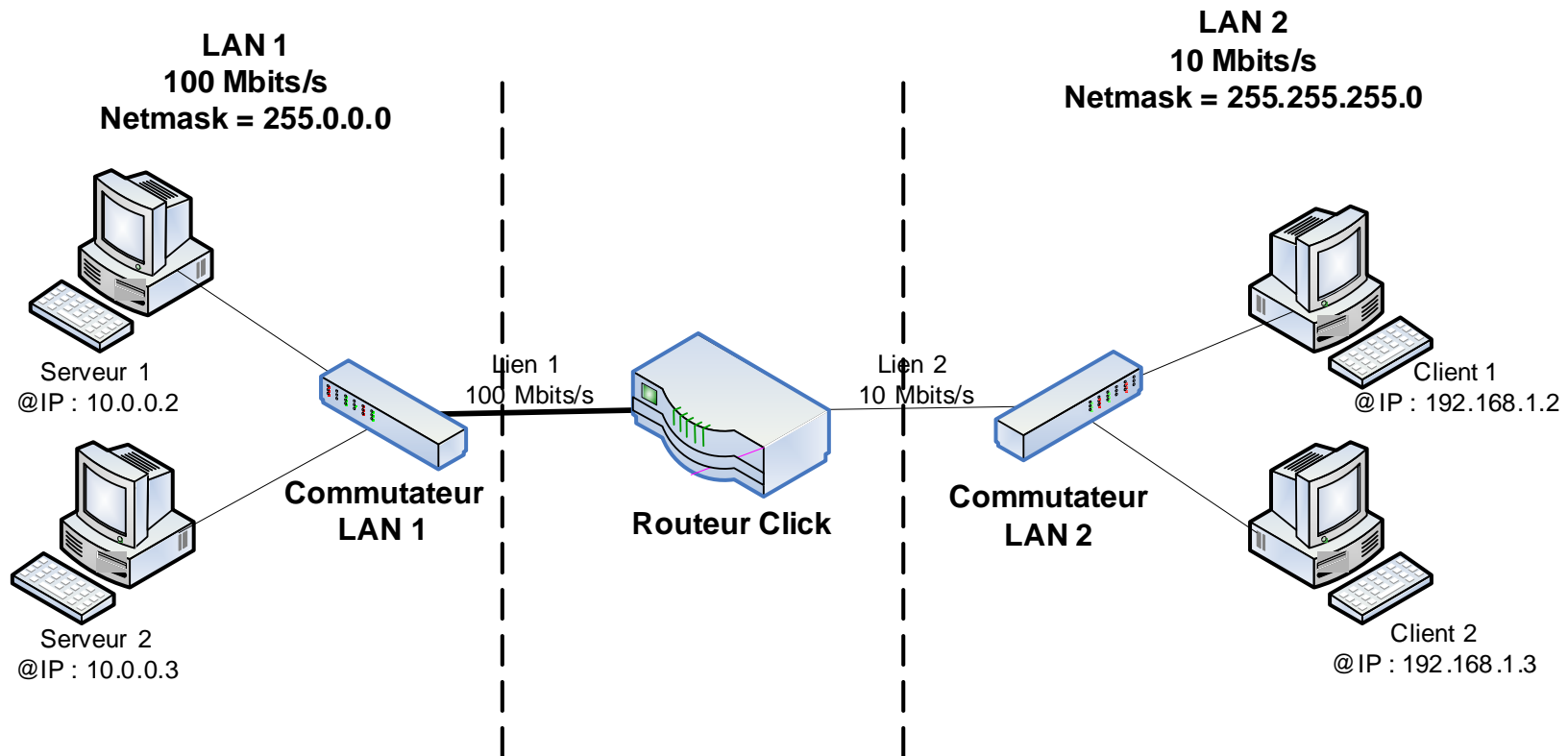
- Temps réel dur sur-dimensionne le système car on considère le pire cas (en cas normal, ressources sous-utilisées)
- Dans la pratique, bon nombre de systèmes classés temps réel dur ne sont pas si « dur». Le non respect occasionnel des échéances peut être toléré si **correctement distribué** (e.g. Transmission de paquets audio/vidéos, contrôle-commande sur-échantillonné)

Pourquoi s'intéresser à (m,k)-firm

- Exemple de flux vidéo MPEG



Maquette de tests



VideoLan : générateur de trafic MPEG

Test sur maquette

- Vidéo initiale:



Test sur maquette

- Test 1: rejet de tous les paquets de type I



Image fixe



Test sur maquette

- Test 2: rejet de tous les paquets de type P



Test sur maquette

- Test 3: rejet de tous les paquets de type B



QoS selon le modèle (m,k) -firm

- Adopter (m,k) -firm permet d'une souplesse de garantie entre (k,k) -firm et (m,k) -firm (avec $m < k$)
- En plus, un algorithme d'ordonnancement en-ligne facilitera la gestion dynamique des différents niveaux de QoS (par contrôle d'admission)
- QoS selon le modèle (m,k) -firm peut être intégrée dans OS TR [West02] et Internet (e.g. Intserv et Diffserv pour améliorer RED, WFQ, ...) [Wang01], [Koubâa04] pour une meilleure performance temporelle.

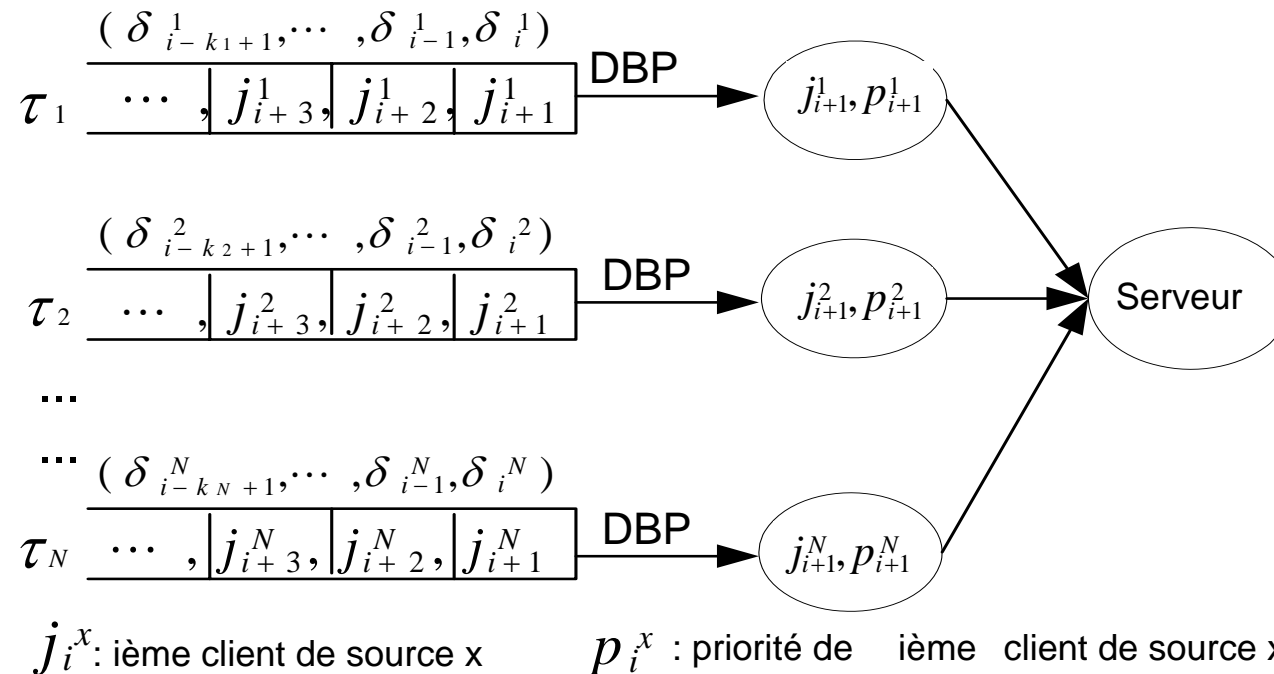
Problème et état de l'art

- Problème: **algorithmes nouveaux** (autres que RM, FP, EDF, WFQ, etc.) pour prendre en compte la contrainte (m,k) -firm
- Algorithmes pour (m,k) -firm
 - DBP (Distance based Priority) [Hamdaoui95]
 - DWCS (Dynamic Window-Constrained Sched.) V1[West99], V2[West04]
 - ERM (Enhanced Rate Monotonic), [Ramanathan99]
 - EFP (Enhanced Fixed-Priority), [Quan00]

DBP (Distance based Priorité)

- DBP d'une k -séquence est définie comme le nombre des échéances non respectées consécutives (nombre de zéros) conduisant à un état d'éche
- Exemple de (3,5)-firm
 - (11011) a DBP = 2 car 11(01100)
 - (10111) a DBP = 3 car 101(11000)
 - (10001) a DBP = 0
- L'affectation de priorité dans DBP est dynamique (qui dépend de k -séquence)

DBP dans notre modèle



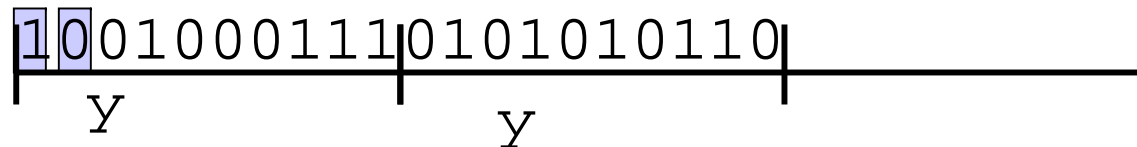
- Une source est caractérisée par: $\tau_i = \{c_i, T_i, D_i, m_i, k_i\}$
- DBP peut être implémenté matériellement par un registre
- En cas d'égalité de priorité DBP, EDF par défaut

DWCS

- Garantie (x,y) : au maximum x échéances dépassées dans **une fenêtre fixe** de y [West99]
- Priorité selon le facteur de perte: $W_i = x_i/y_i$

$$y = y - 1$$

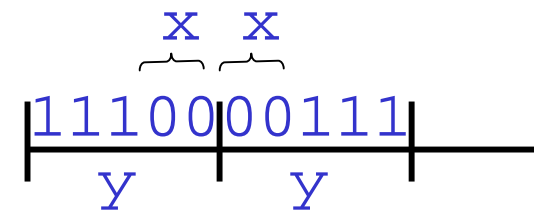
$$x = x - 1$$



Equivalence dans une fenêtre glissante:

pas plus de $2x$ échéances dépassées

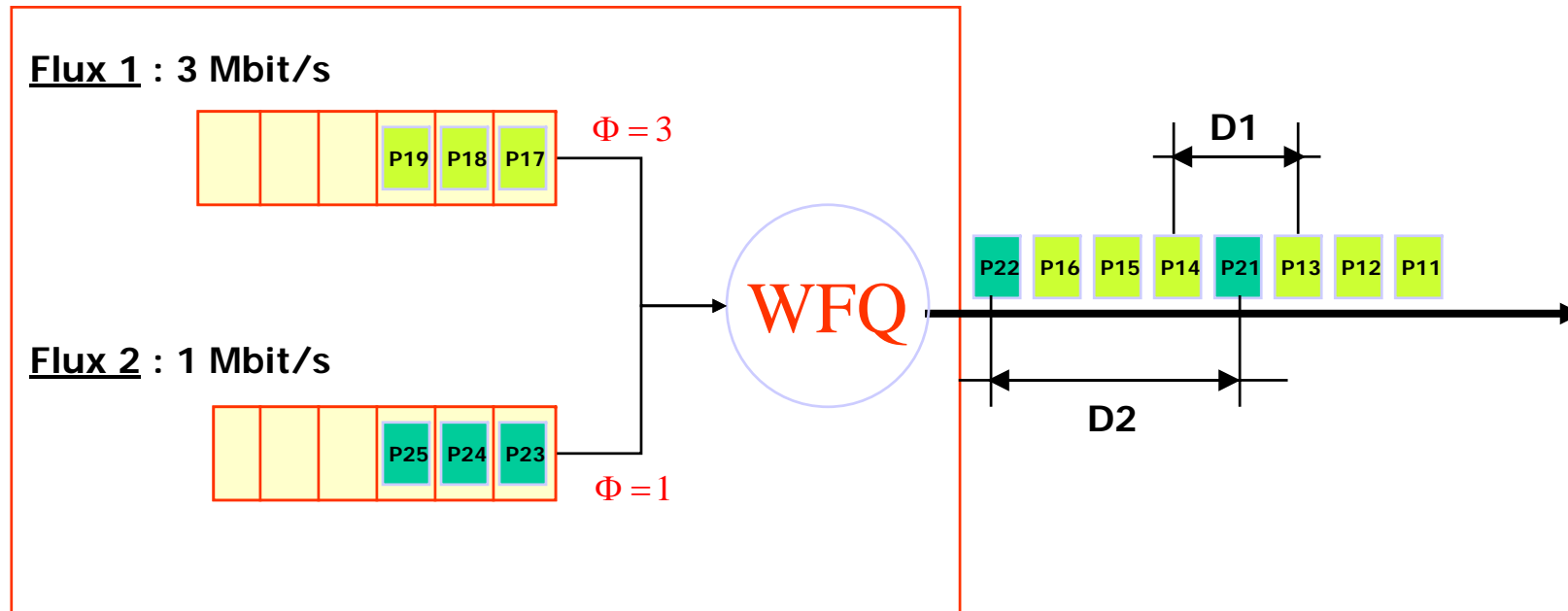
$y+x$ i.e. $(y-x, y+x)$ -firm





(m,k) -WFQ [Thèse d'Anis Koubâa]

WFQ



Temps Virtuel de Départ $F_j^k = \max \left\{ F_j^{k-1}, V(t) \right\} + \frac{L_j^k}{\Phi_j}$

WFQ et temps de réponse borné

- WFQ garantit à chaque source de flux τ_i
 - une portion de bande passante g_i
proportionnelle à son coefficient de partage Φ_i
 - un délai maximal ssi le trafic du flux est borné par une courbe d'arrivée (σ_i, ρ_i) -borné et avec $\rho_i \leq g_i$:

$$D_{i,\max} = \frac{\sigma_i}{g_i} + \frac{L_{\max}}{c}$$

Problème de WFQ pour temps réel

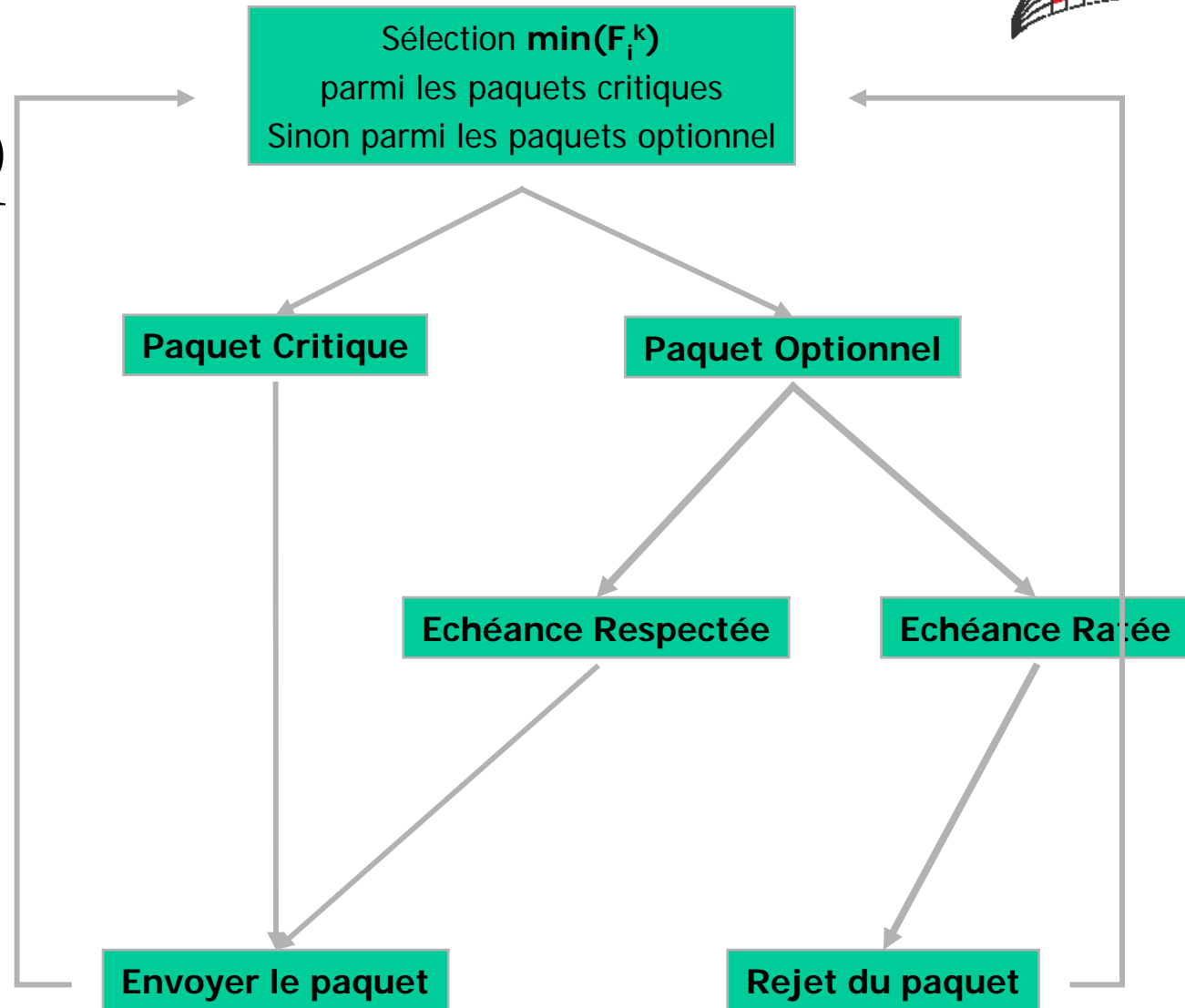
- WFQ est initialement conçue pour garantir la bande passante mais pas le délai !
- Pour un flux donné, plus le coefficient de partage est petit, plus le délai est grand
 - ☹ **Problème** : flux temps-réel de faible besoin en bande passante, mais nécessitant un délai étroit (Voix sur IP avec Débit=64Kb/s)
- Sous-utilisation de ressources si garantir le délai
 - Borne sur le délai = **f(Bande passante réservée, Rafale)**

$$D_{i,\max} = \frac{\sigma_i}{g_i} + \frac{L_{\max}}{c}$$

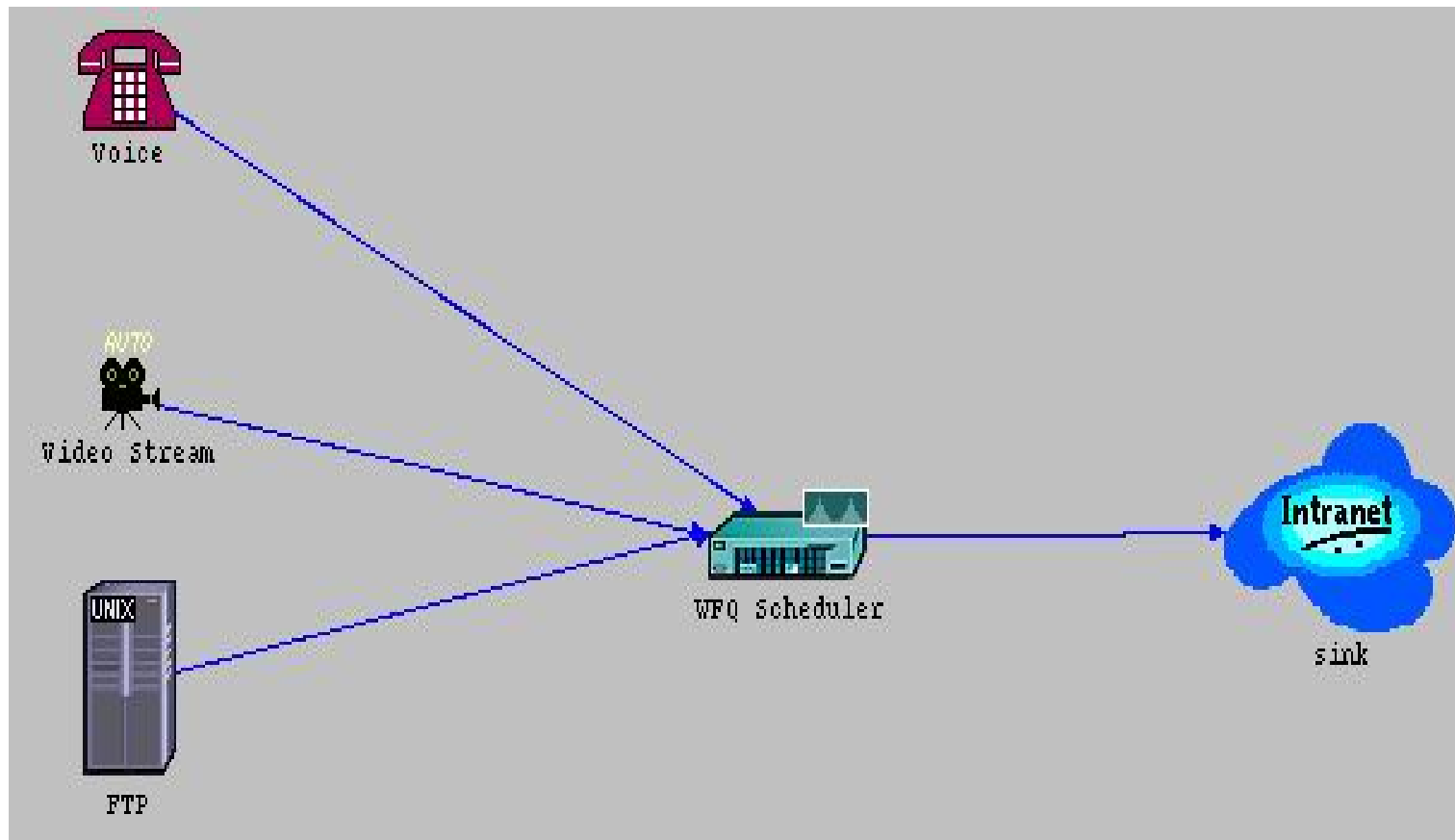
(m,k)-WFQ

- Objectifs de (m,k)-WFQ:
 - Prise en compte de (m,k)-firm
 - Utilisation plus efficace de la bande passante pour réduire D_{\max}
- Principe de (m,k)-WFQ:
 - Marquage des paquets par la source selon κ -pattern (introduction de deux priorités)
 - Estampillage des paquets selon le temps virtuel de départ de WFQ

Algorithme (m,k)-WFQ



Un exemple



Performances de (m,k)-WFQ

| | (m,k) | Débit | Trafic | κ -pattern | Echéance |
|--------------|-------|------------|-------------------------------|-------------------|----------|
| Voix | (4,5) | 64 kb/s | ON/OFF (500/755/50)ms | 11011 | 10 ms |
| Vidéo | (3,5) | 2Mb/s | Pseudo Périodique ~2Mb/s | 10110 | 4 ms |
| FTP | (0,1) | 7,936 Mb/s | Pseudo Périodique ~7.936 Mb/s | 0 | Infinie |

Taille de paquet constante = 1 Ko

Temps de réponse maximal simulé :

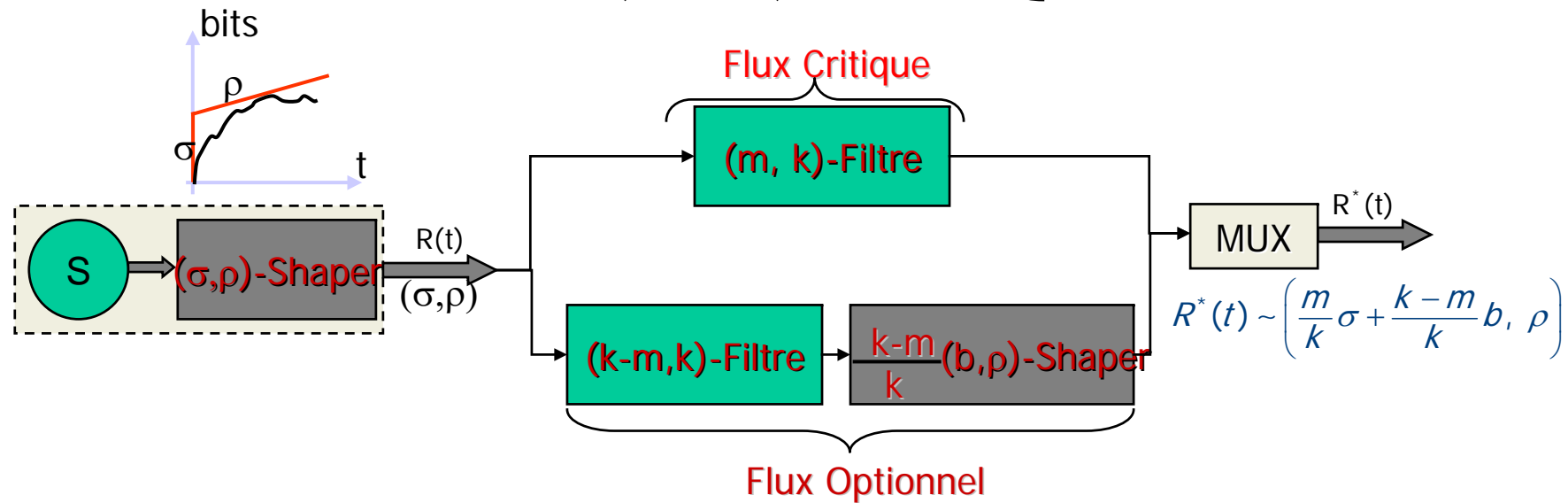
| | (m,k)-WFQ | WFQ | (m,k)-FIFO | FIFO |
|--------------|-----------|---------|------------|--------|
| Voix | 9,769 | 4776,83 | 20,529 | 48,031 |
| Vidéo | 3,999 | 41,084 | 21,086 | 49,031 |
| FTP | 3,837 | 18,048 | 21,442 | 49,083 |

Taux de rejet (m,k)-WFQ:

Voix: 6,8%

Vidéo: 5,5%

Garantie de temps de réponse de (m,k)-WFQ



Le nombre maximum de paquets optionnels transmis par le serveur est l'ensemble des paquets ayant un délai inférieur à l'échéance désirée D_{op} : $b = \rho D_{op} \leq \sigma$
(supposons que la bande passante du serveur $g = \rho$)

Borne de temps de réponse de (m,k)-WFQ

- Les deux systèmes suivants sont équivalents
 - $R(t) \sim (\sigma, \rho)$ servi par un serveur WFQ
 - $R^*(t) \sim \left(\frac{m}{k} \sigma + \frac{k-m}{k} b, \rho \right)$ servi par un serveur (m,k)-WFQ
- Borne sur le délai d'un flux (σ, ρ) -borné servi par (m,k)-WFQ

$$D_{\max}^* = \frac{\sigma^*}{\rho} + \frac{L_{\max}}{C}$$

$$D_{\max}^* = \frac{m\sigma}{k\rho} + \frac{k-mb}{k\rho} + \frac{L_{\max}}{C}$$

Borne de temps de réponse de (m,k)- WFQ

- Si aucun paquet optionnel n'est servi:

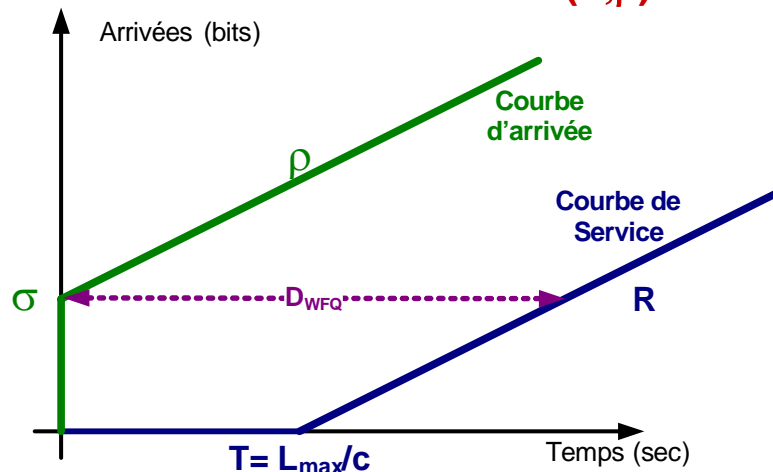
$$D_{\min}^* = \frac{m}{k} \frac{\sigma}{\rho} + \frac{L_{\max}}{C}$$

- Pour garantir un temps de réponse entre D_{\min}^* et D_{\max}^* , on peut ajuster D_{op} qui détermine $b = \rho D_{op}$

Délai Garanti par (m,k)-WFQ

WFQ

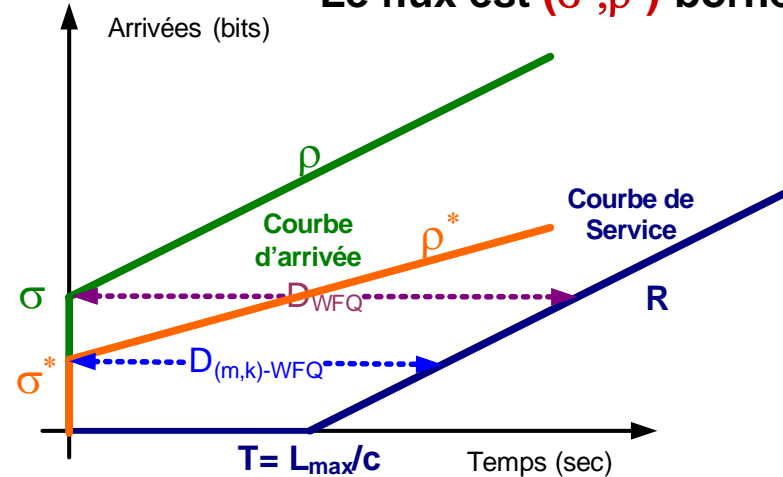
Le flux est (σ, ρ) -borné



$$D_{max}^{WFQ} = \frac{\sigma}{\rho} + \frac{L_{max}}{C}$$

(m,k)-WFQ

Le flux est (σ^*, ρ^*) -borné



$$D_{max}^{(m,k)-WFQ} = \lambda_M \frac{\sigma}{\rho} + \lambda_0 \frac{b}{\rho} + \frac{L_{max}}{C}$$



Garantie déterministe de (m,k)-firm [Thèse de Li]

Garantie déterministe de (m,k)-firm

Garantie déterministe de (k,k)-firm donnée
par condition suffisante de [Jeffay91]

Charge: $\sum_{i=1}^N \left[\frac{c_i}{T_i} \frac{m_i}{k_i} \right] \leq 1$ au lieu de $\sum_{i=1}^N \left[\frac{c_i}{T_i} \right] \leq 1$

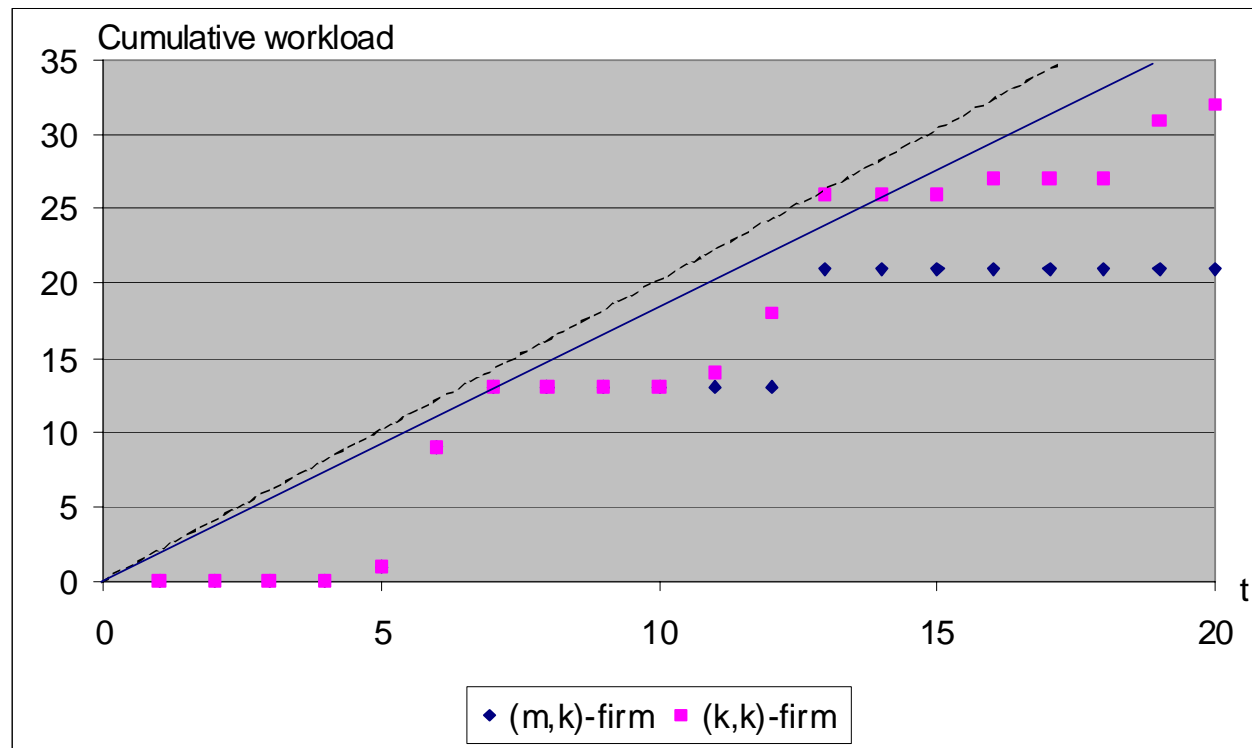
Question: (m,k)-firm permet-elle de relaxer la
demande de ressources par rapport à (k,k)-firm?



Analyse de l'ordonnançabilité sous contrainte (m,k)-firm

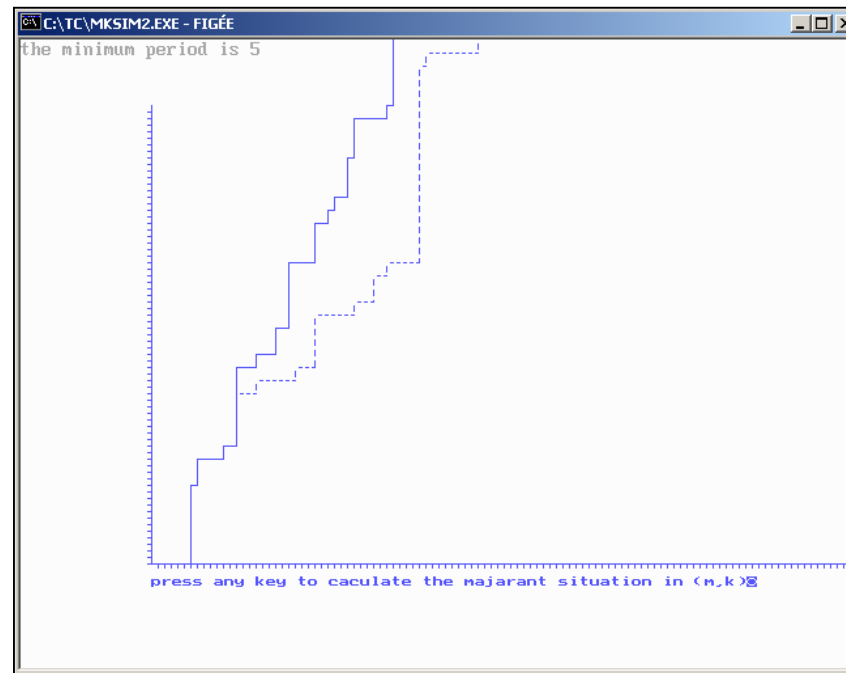
Condition suffisante pour DBP

Condition suffisante est donnée pour l'ensemble de flux périodique ou sporadique sous contrainte (m,k) -firm
 [Li04, WFCS04]



Problème de garantie déterministe

- ☹ Il est toujours possible de trouver un ensemble de (m_i, k_i) qui impose le service de tous les clients pendant la pire période occupée dans le cas général
- ➔ Nous ne pouvons pas améliorer la condition de Jeffay [DEA LI]



Problème de garantie déterministe

- Une condition suffisante pour DWCS est donnée [West04] avec des hypothèses particulières (même C_i et $T_i = qC_i$)
- [Mok01] a prouvé qu'un ensemble de sources périodiques peut ne pas être ordonnançable sous DWCS même avec une charge arbitrairement faible.

Conclusion et perspectives

- Le modèle (m,k) -firm permet de fournir une certaine souplesse dans la fourniture de la QoS. Exemple: (m,k) -WFQ [Koubâa04]
- Problème de garantie déterministe de (m,k) -firm est NP-dur ([Quan00], [Mok01], [Li03]) → relaxation de demande de ressource n'est pas toujours possible
- Travaux futurs:
 - mécanismes protocolaires de gestion de QoS dans l'architecture Diffserv
 - D'autres pistes pour relaxer la demande de ressource

Questions?

