

Bornes stochastiques sur les mesures de performance pour des réseaux de files d'attente en tandem

Farah AIT SALAHT

LIP6, Université Paris Ouest Nanterre

Effectué en collaboration avec H. CASTEL-Taleb (SAMOVAR, Telecom SudParis), J.-M. Fourneau (DAVID, UVSQ) et N. Pekergin (LACL, Paris-Est Créteil)

AEP, 15 mars 2016



Sommaire

- 1 Motivation
- 2 Notre méthodologie : Analyse d'une file d'attente
- 3 Analyse de réseaux en tandem
- 4 Conclusion et perspectives

Sommaire

- 1 Motivation
- 2 Notre méthodologie : Analyse d'une file d'attente
- 3 Analyse de réseaux en tandem
- 4 Conclusion et perspectives

Motivation

- Analyser les performances d'un réseau (à temps discret) sous des trafics généraux issus de traces réelles

- ▶ **Problème :**

- ▶ Chaînes de Markov définies sur des espaces d'état très importants
- ▶ Calcul de la distribution stationnaire est très difficile voire impossible

- ▶ **Proposition :**

Appliquer la méthode de bornes stochastiques pour l'analyse de performance du réseau avec une représentation en histogramme du trafic

- Fournir des garanties sur les mesures de performances sous condition d'avoir des histogrammes corrects

Motivation

- ▶ Approche par histogramme sur les mesures du trafic
- ▶ Moins d'hypothèses sur les processus d'arrivées et de services
- ▶ Utilisation de la théorie de bornes stochastiques pour réduire la taille des distributions
- ▶ Borne de la distribution exacte
- ▶ Bornes sur les mesures de performance qui sont des récompenses positives
- ▶ Définition d'encadrements stochastiques
- ▶ Contrôle de la taille des distributions \implies Contrôle de la complexité
- ▶ Compromis empirique entre la précision et la complexité

Sommaire

- 1 Motivation
- 2 Notre méthodologie : Analyse d'une file d'attente
- 3 Analyse de réseaux en tandem
- 4 Conclusion et perspectives

Notre méthodologie

Exemple de trace de trafic réelle

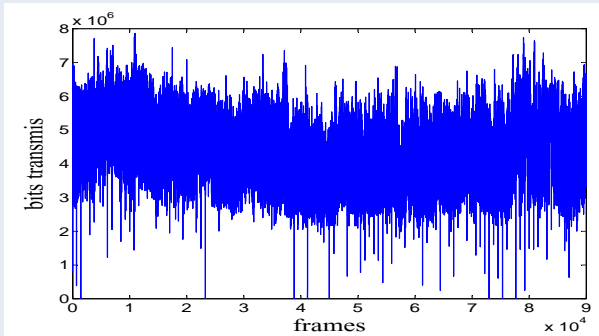


FIGURE: Trace du trafic MAWI correspondant à une heure de mesure de trafic IP, 9 janvier 2007 entre 12h et 13h (avec $T = 40$ ms)

Première étape

- ▶ Dériver une distribution discrète de la trace (distributions d'entrée)
- ▶ **Hypothèse principale** : stationnarité du processus
- ▶ Période d'échantillonnage (ici $T = 40$ ms, par exemple)

Première étape

- ▶ Dériver une distribution discrète de la trace (distributions d'entrée)
- ▶ **Hypothèse principale** : stationnarité du processus
- ▶ Période d'échantillonnage (ici $T = 40$ ms, par exemple)

Illustration sur la trace MAWI

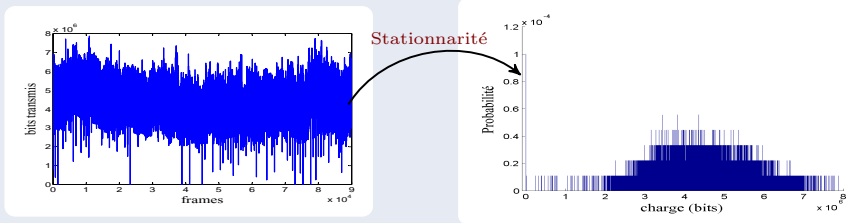
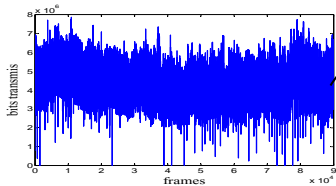


FIGURE: Trace de trafic MAWI (à gauche), représentation en histogramme (à droite). Le nombre de bins (états) est de 80511.

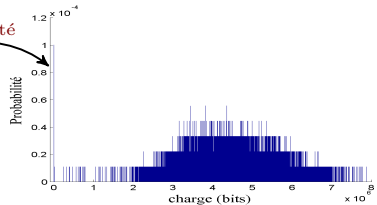
Première étape

- ▶ Dériver une distribution discrète de la trace (distributions d'entrée)
- ▶ **Hypothèse principale** : stationnarité du processus
- ▶ Période d'échantillonnage (ici $T = 40$ ms, par exemple)

Illustration sur la trace MAWI



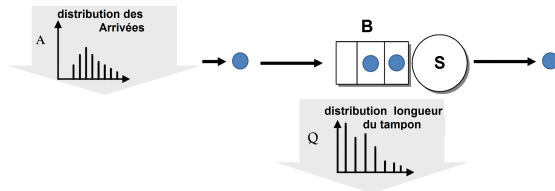
Stationnarité



La taille de la distribution du processus d'arrivée (ici, **80511** bins) a une influence directe sur la résolution numérique du modèle

Modèle de file d'attente à temps discret

Exemple : file d'attente à temps discret avec tampon finie, arrivée par groupe et service constant



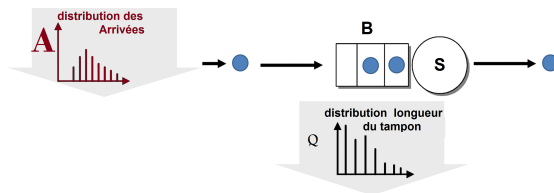
- ▶ Les arrivées ont lieu avant les services
- ▶ La longueur du tampon à l'instant k est :

$$Q(k) = \min(B, (Q(k-1) + A - S)^+), \quad k \in \mathbb{N}. \quad (1)$$

- ▶ Où A est la taille du groupe en entrée
- ▶ S est capacité de service et B représente la taille du tampon
- ▶ Indépendance \implies Chaîne de Markov

Modèle de file d'attente à temps discret

Exemple : file d'attente à temps discret avec tampon finie, arrivée par groupe et service constant



- ▶ Les arrivées ont lieu avant les services
- ▶ La longueur du tampon à l'instant k est :

$$Q(k) = \min(\mathbf{B}, (Q(k-1) + \mathbf{A} - S)^+), \quad k \in \mathbb{N}.$$

- ▶ Résolution numérique très difficile (taille)

Bornes stochastiques et complexité

- ▶ Utiliser la **Monotonie Stochastique**. *Intuition* : si l'on augmente au sens stochastique la distribution des arrivées, alors on augmente les distributions de l'occupation du tampon, la distribution de départ et les délais au sens stochastique
- ▶ Ordre stochastique \leq_{st} sur les distributions
- ▶ **L'idée** : remplacer la distribution des arrivées avec N bins par une autre ayant moins de bins ($K \ll N$) et qui est stochastiquement plus grande ou plus petite
- ▶ Deux méthodes pour trouver une telle distribution : algorithme linéaire proposé par Tancrez et Semal ou l'algorithme que nous avons présenté dans [WODES12] qui fournit la distribution optimale pour une fonction de récompense positive donnée (algorithme fondé sur la programmation dynamique donc avec une complexité plus grande)

Brève introduction sur l'ordre stochastique

- ▶ $\mathcal{G} = \{1, 2, \dots, n\}$ un espace d'état fini
- ▶ X, Y : distributions discrètes sur \mathcal{G}
- ▶ $p_X(i) = \text{prob}(X = i)$ et $p_Y(i) = \text{prob}(Y = i)$ pour $i \in \mathcal{G}$

Propriétés sur l'ordre stochastique \leq_{st}

- **Définition de l'ordre \leq_{st} :** $X \leq_{st} Y$ ssi $\sum_{k=i}^n p_X(k) \leq \sum_{k=i}^n p_Y(k), \quad \forall i.$

- **Comparaison de fonctions non décroissantes :**

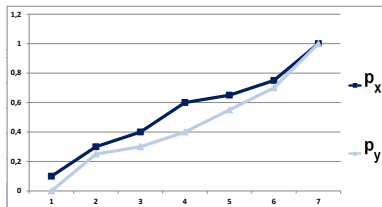
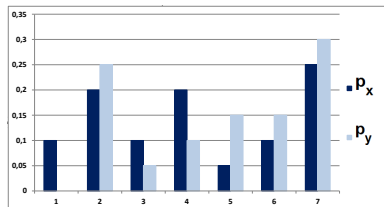
$$X \leq_{st} Y \iff \mathbb{E}[f(X)] \leq \mathbb{E}[f(Y)]$$

pour toute fonction non décroissante $f : \mathcal{G} \rightarrow \mathbb{R}^+$ à condition que les espérances existent.

- Soient F_X et F_Y leurs probabilités cumulées. Alors,

$$X \leq_{st} Y \iff F_X(a) \geq F_Y(a), \quad \forall a \in \mathcal{G}$$

Brève introduction sur l'ordre stochastique



-pmfs des distributions X et Y-

-Leurs fonctions de répartition-

FIGURE: $\mathcal{G} = \{1, 2, \dots, 7\}$, $p_X = [0.1, 0.2, 0.1, 0.2, 0.05, 0.1, 0.25]$ et
 $p_Y = [0, 0.25, 0.05, 0.1, 0.15, 0.15, 0.3]$.

Bornes stochastiques sur les histogrammes

- ▶ Hypothèse : ordre total sur l'espace \mathcal{H} , de taille N
- ▶ Nous avons une distribution \mathbf{d} et \mathbf{r} : fonction de récompense positive croissante, $R[\mathbf{d}] = \sum \mathbf{r}(i)\mathbf{d}(i)$
- ▶ Déterminer $\mathbf{d1}$ et $\mathbf{d2}$ tel que :
 - 1 $\mathbf{d2} \leq_{st} \mathbf{d} \leq_{st} \mathbf{d1}$,
 - 2 $\mathbf{d1}$ et $\mathbf{d2}$ ont exactement K bins (pas nécessairement les mêmes) ; $\mathbf{d1}$ a comme support \mathcal{H}^u et $\mathbf{d2}$ a comme support \mathcal{H}^l ,
 - 3 $\sum_{i \in \mathcal{H}} \mathbf{r}(i)\mathbf{d}(i) - \sum_{i \in \mathcal{H}^l} \mathbf{r}(i)\mathbf{d2}(i)$ est minimal pour les distributions bornes inférieures \mathbf{d} avec K bins,
 - 4 $\sum_{i \in \mathcal{H}^u} \mathbf{r}(i)\mathbf{d1}(i) - \sum_{i \in \mathcal{H}} \mathbf{r}(i)\mathbf{d}(i)$ est minimal pour les distributions bornes supérieures \mathbf{d} avec K bins.

Bornes stochastiques sur les histogrammes

- ▶ Hypothèse : ordre total sur l'espace \mathcal{H} , de taille N
- ▶ Nous avons une distribution \mathbf{d} et \mathbf{r} : fonction de récompense positive croissante, $R[\mathbf{d}] = \sum \mathbf{r}(i)\mathbf{d}(i)$
- ▶ Déterminer $\mathbf{d1}$ et $\mathbf{d2}$ tel que :
 - 1 $\mathbf{d2} \leq_{st} \mathbf{d} \leq_{st} \mathbf{d1}$,
 - 2 $\mathbf{d1}$ et $\mathbf{d2}$ ont exactement K bins (pas nécessairement les mêmes) ; $\mathbf{d1}$ a comme support \mathcal{H}^u et $\mathbf{d2}$ a comme support \mathcal{H}^l ,
 - 3 $\sum_{i \in \mathcal{H}} \mathbf{r}(i)\mathbf{d}(i) - \sum_{i \in \mathcal{H}^l} \mathbf{r}(i)\mathbf{d2}(i)$ est minimal pour les distributions bornes inférieures \mathbf{d} avec K bins,
 - 4 $\sum_{i \in \mathcal{H}^u} \mathbf{r}(i)\mathbf{d1}(i) - \sum_{i \in \mathcal{H}} \mathbf{r}(i)\mathbf{d}(i)$ est minimal pour les distributions bornes supérieures \mathbf{d} avec K bins.
- ▶ **Distributions déterminées via un algorithme fondé sur la programmation dynamique présenté dans [WODES 2012].**

Exemple : Trace de trafic MAWI

H : histogramme associé à la trace de trafic MAWI, défini sur 80511 états.

r : fonction de récompense égale à l'identité, $R[H] = 4.3756 \times 10^6$ bits.

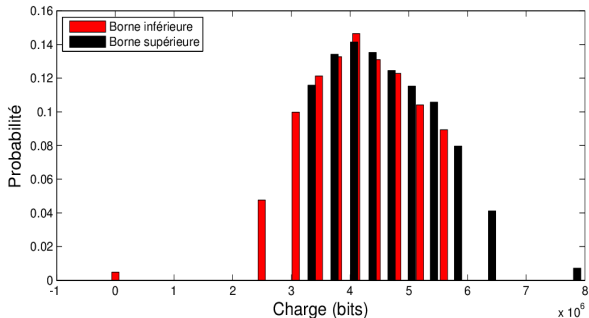
► Borne stochastique supérieure H^u et borne stochastique inférieure H^l sur 10 bins.

Exemple : Trace de trafic MAWI

H : histogramme associé à la trace de trafic MAWI, défini sur 80511 états.

r : fonction de récompense égale à l'identité, $R[H] = 4.3756 \times 10^6$ bits.

► Borne stochastique supérieure H^u et borne stochastique inférieure H^l sur 10 bins.



Exemple : Borne supérieure optimale

H : histogramme associé à la trace de trafic MAWI, défini sur 80511 états.

r : fonction de récompense égale à l'identité, $R[H] = 4.3756 \times 10^6$ bits.

► Borne stochastique supérieure H^u et borne stochastique inférieure H^l sur 10 bins.

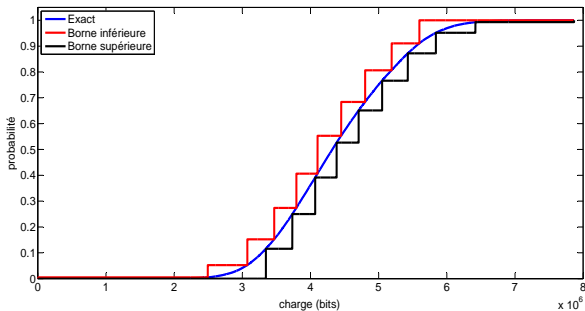


FIGURE: Fonction de répartition (CDF) des différentes distributions.

Les récompenses cumulées des bornes sont : $R[H^u] = 4.5843 \times 10^6$ bits et $R[H^l] = 4.1644 \times 10^6$ bits.

Algorithmes de réduction des distributions discrètes

Autres algorithmes de réduction possibles

- ▶ Méthode HBSP (Hernandez-Orallo) : construit une approximation de la distribution plutôt qu'une borne
- ▶ Une approche heuristique divisant l'espace d'état \mathcal{H} en K sous ensembles de même taille et en calculant la somme des probabilités sur ces sous-ensembles (approche de Tancrez-Semal)
 - Résultats pas prouvés optimaux (contrairement à notre approche)
- ▶ Une autre approche gloutonne enlevant les sommets les plus coûteux (récompense) un par un
 - Test d'optimalité intégré

Analyse d'une file d'attente simple

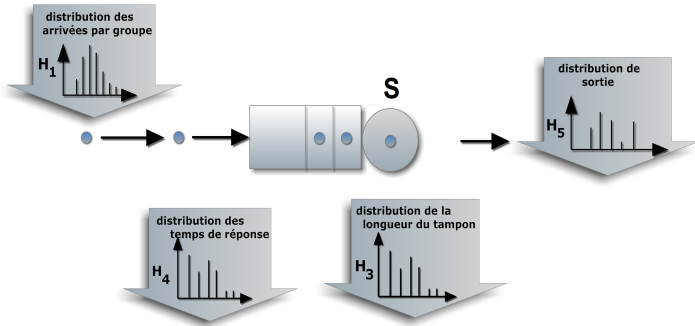


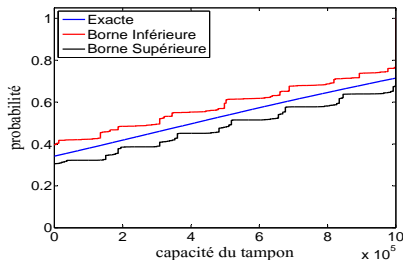
FIGURE: Analyse d'une file d'attente, H_1 et S sont connus, H_3 , H_4 et H_5 sont numériquement calculables.

Résultats théoriques

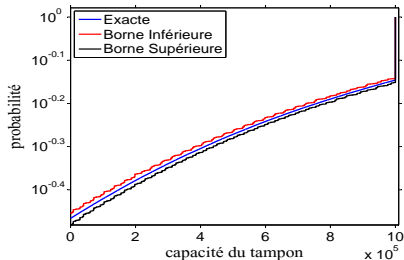
- ▶ **Théorème** : La file d'attente finie avec des arrivées par groupe et service constant est stochastiquement monotone sous l'hypothèse Tail Drop
- ▶ Par conséquent, si l'on considère deux distributions H_1^ℓ et H_1^u définies sur K bins tels que $H_1^\ell \leq_{st} H_1 \leq_{st} H_1^u$, nous obtenons :
 - ▶ $H_3^\ell \leq_{st} H_3 \leq_{st} H_3^u$
 - ▶ $H_4^\ell \leq_{st} H_4 \leq_{st} H_4^u$
 - ▶ $H_5^\ell \leq_{st} H_5 \leq_{st} H_5^u$
- ▶ Également des bornes stochastiques supérieures et inférieures pour la distribution des pertes
- ▶ Mêmes types de résultats avec un service par groupe H_2
- ▶ $K \ll N$, typiquement $K = 20$ ou $K = 100$ et $N = 80511$.

Exemple pour une file d'attente simple avec trace de trafic réelle en entrée

Fonction de répartition (cdf) de la longueur du tampon sous la trace MAWI



(a) bins=20



(b) bins=100

Temps de calcul pour $bins = 100$:

Exacte : 1897 s

Borne Inférieure : 0.35 s et **Borne Supérieure : 0.33 s**

Sommaire

- 1 Motivation
- 2 Notre méthodologie : Analyse d'une file d'attente
- 3 Analyse de réseaux en tandem
- 4 Conclusion et perspectives

Analyse de réseau en tandem

Analyse des réseaux de files d'attente



FIGURE: Réseau de files d'attente en tandem.

Analyse de réseau en tandem

Analyse des réseaux de files d'attente



FIGURE: Réseau de files d'attente en tandem.

Approches de résolution :

- 1 Méthode de simulation
- 2 Approche par décomposition pour les réseaux feed-forward

Analyse de réseau en tandem

Analyse des réseaux de files d'attente



FIGURE: Réseau de files d'attente en tandem.

Approches de résolution :

- 1 Méthode de simulation
- 2 Approche par décomposition pour les réseaux feed-forward
- 3 **Approche de bornes sur les QoS de réseaux de files d'attente en tandem**

Approches de résolution

► Approche par décomposition des réseaux feed-forward

- Réseaux orientés acycliques (DAG)
- Hypothèse : indépendance (approximation)
- Chaque file est analysée séparément
- Recomposition des résultats pour calculer les performances du réseau
- Approximations des indices de performance du réseau

Approches de résolution

► Bornes sur les mesures exactes des réseaux de files d'attente en tandem

► Réseau de files d'attente en tandem

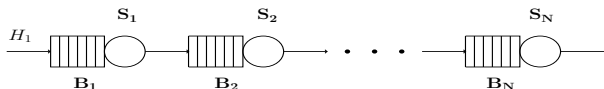


FIGURE: Réseau en tandem composé de N files d'attente.

- Apporter des modifications sur le réseau initial
- Préserver les propriétés d'ordre stochastique
- Bornes sur les indices de performances exacts du réseau

Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**
 - ▶ Séquence des capacités de service croissante
 - ▶ Séquence des capacités de service générale

Modifications apportées au réseau initial

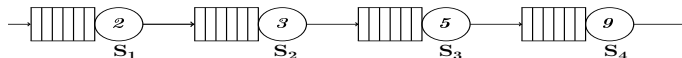
- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**
 - ▶ Séquence des capacités de service croissante
 - ▶ Séquence des capacités de service générale
- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**

Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**

- ▶ Séquence des capacités de service croissante
- ▶ Séquence des capacités de service générale

- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**

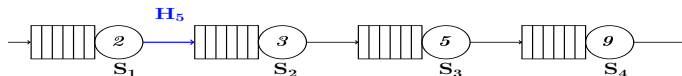


Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**

- ▶ Séquence des capacités de service croissante
- ▶ Séquence des capacités de service générale

- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**

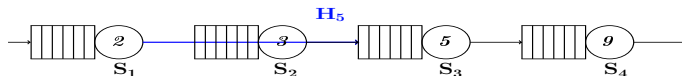


Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**

- ▶ Séquence des capacités de service croissante
- ▶ Séquence des capacités de service générale

- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**

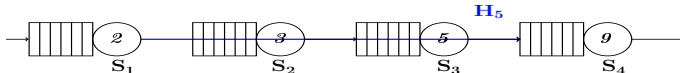


Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**

- ▶ Séquence des capacités de service croissante
- ▶ Séquence des capacités de service générale

- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**

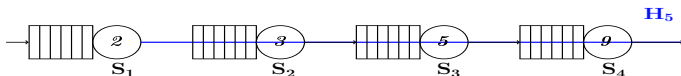


Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**

- ▶ Séquence des capacités de service croissante
- ▶ Séquence des capacités de service générale

- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**

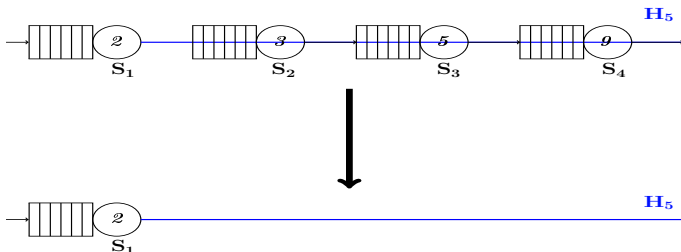


Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**

- ▶ Séquence des capacités de service croissante
- ▶ Séquence des capacités de service générale

- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**

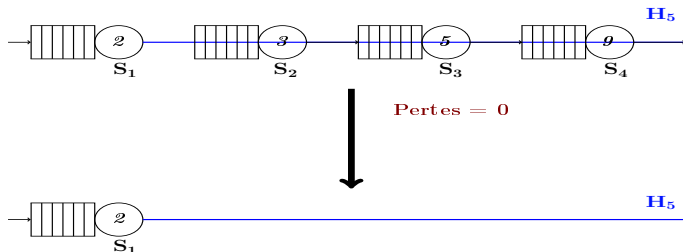


Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**

- ▶ Séquence des capacités de service croissante
- ▶ Séquence des capacités de service générale

- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**

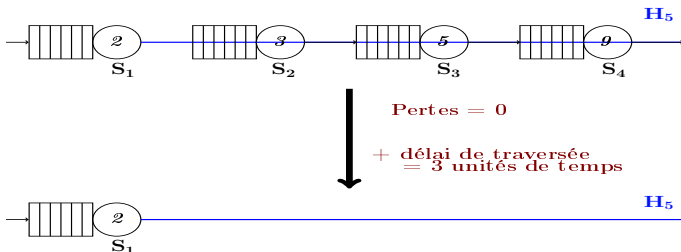


Modifications apportées au réseau initial

- **Influence de la séquence des capacités de service du réseau sur l'analyse de performance**

- ▶ Séquence des capacités de service croissante
- ▶ Séquence des capacités de service générale

- ▶ **Séquence des capacités de service croissante**



Modifications apportées au réseau initial

► Séquence des capacités de service générale

► Définition des *Bottlenecks* locaux et du *Bottleneck* global

- File i est *Bottleneck local* si $\forall \text{ file } j < i, S_j > S_i$
- File i est *Bottleneck global* si $\forall j > 1, j \neq i : S_j > S_i$

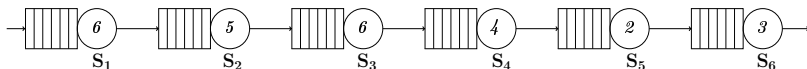
Modifications apportées au réseau initial

► Séquence des capacités de service générale

► Définition des *Bottlenecks* locaux et du *Bottleneck* global

- File i est *Bottleneck local* si \forall file $j < i, S_j > S_i$
- File i est *Bottleneck global* si $\forall j > 1, j \neq i : S_j > S_i$

► Exemple de positions des bottlenecks dans un réseau en tandem



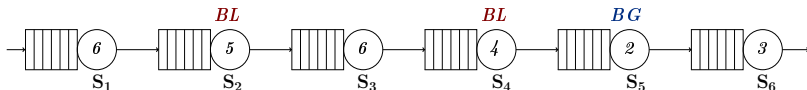
Modifications apportées au réseau initial

► Séquence des capacités de service générale

► Définition des *Bottlenecks* locaux et du *Bottleneck* global

- File i est *Bottleneck local* si \forall file $j < i, S_j > S_i$
- File i est *Bottleneck global* si $\forall j > 1, j \neq i : S_j > S_i$

► Exemple de positions des bottlenecks dans un réseau en tandem :



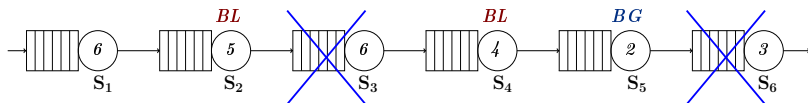
Modifications apportées au réseau initial

► Séquence des capacités de service générale

► Définition des *Bottlenecks* locaux et du *Bottleneck* global

- File i est *Bottleneck local* si \forall file $j < i, S_j > S_i$
- File i est *Bottleneck global* si $\forall j > 1, j \neq i : S_j > S_i$

► Exemple de positions des *bottlenecks* dans un réseau en tandem :



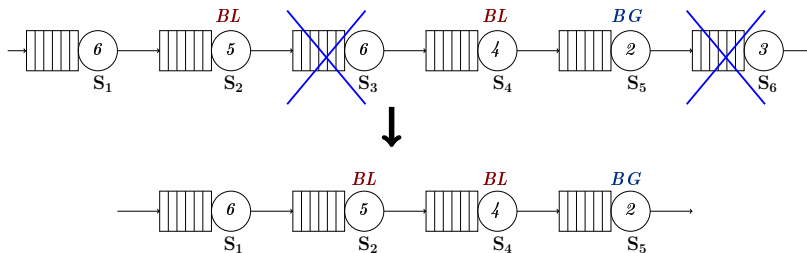
Modifications apportées au réseau initial

► Séquence des capacités de service générale

► Définition des *Bottlenecks* locaux et du *Bottleneck* global

- File i est *Bottleneck local* si \forall file $j < i, S_j > S_i$
- File i est *Bottleneck global* si $\forall j > 1, j \neq i : S_j > S_i$

► Exemple de positions des *bottlenecks* dans un réseau en tandem :



- Réseau réduit -

Méthodes de résolution du réseau réduit

- Quatre approches pour construire des bornes (prouvées) sur les mesures de performance exactes

	Approche 1	Approche 2	Approche 3	Approche 4
	Bornes st-sup réseau	Bornes st-sup file i	Bornes st-inf file i	Bornes st-sup file i
Mesures de performance	distrib. de sortie + délai de traversé	distrib. de sortie + pertes + + délais	distrib. de sortie + pertes + délais	distrib. de sortie + pertes + délais
Modifications	tampon infini + interchangeabilité	$B_j = \infty, j < i$ + interchangeabilité	$B_j = 0, j < i$	serveur infini pour $j < i$

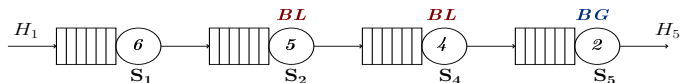
Méthodes de résolution du réseau réduit

- Quatre approches pour construire des bornes (prouvées) sur les mesures de performance exactes

	Approche 1	Approche 2	Approche 3	Approche 4
	Bornes st-sup réseau	Bornes st-sup file i	Bornes st-inf file i	Bornes st-sup file i
Mesures de performance	distrib. de sortie + délai de traversé	distrib. de sortie + pertes + + délais	distrib. de sortie + pertes + délais	distrib. de sortie + pertes + délais
Modifications	tampon infini + interchangeabilité	$B_j = \infty, j < i$ + interchangeabilité	$B_j = 0, j < i$	serveur infini pour $j < i$

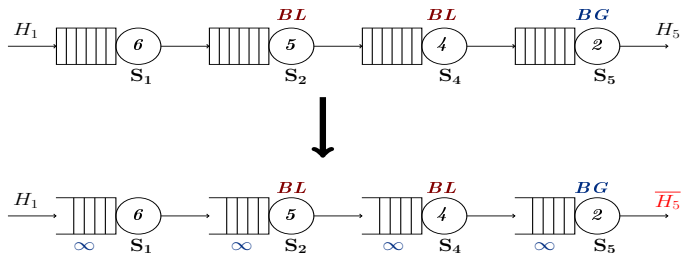
Approche 1 : Bornes stochastiques supérieures sur la distribution de sortie et le délai dans le réseau

1. Poser tous les tampons des files du réseau à l'infini



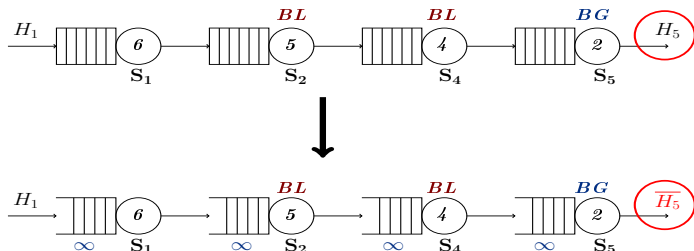
Approche 1 : Bornes stochastiques supérieures sur la distribution de sortie et le délai dans le réseau

1. Poser tous les tampons des files du réseau à l'infini



Approche 1 : Bornes stochastiques supérieures sur la distribution de sortie et le délai dans le réseau

1. Poser tous les tampons des files du réseau à l'infini



- ▶ Borne stochastique supérieure de la distribution en sortie H_5
- ▶ Borne stochastique supérieure sur le délai de vie dans le réseau

Approche 1 : Bornes stochastiques supérieures sur la distribution de sortie et le délai dans le réseau

2. Utiliser le théorème d'interchangeabilité de Friedman

Théorème d'interchangeabilité de Friedman

Dans les réseaux en tandem,

- ▶ Pour un processus d'arrivée arbitraire
- ▶ Services déterministes
- ▶ Et des tampons infinis dans chaque file

⇒ ● le processus de départ final du réseau est indépendant de l'ordre des files
● les distributions des temps de séjour dans l'ensemble du réseau sont également indépendantes de l'ordre des files d'attente

▶ Résultat également vrai pour des services Exponentiels [Weber79]

Théorème d'interchangeabilité de Friedman

Théorème d'interchangeabilité de Friedman

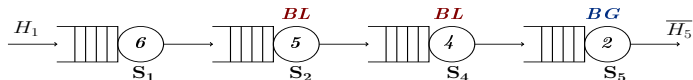
Théorème d'interchangeabilité de Friedman

Théorème d'interchangeabilité de Friedman

- ▶ Distribution de sortie (H_5) est identique dans les deux réseaux
- ▶ Idem pour le délai de traversée

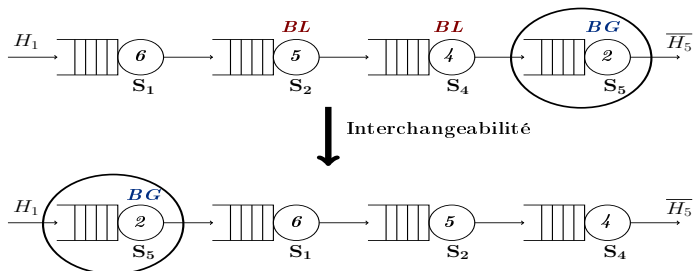
Approche 1 : Bornes stochastiques supérieures sur la distribution de sortie et le délai dans le réseau

2. Théorème d'interchangeabilité : mettre le *Bottleneck* global en tête du réseau



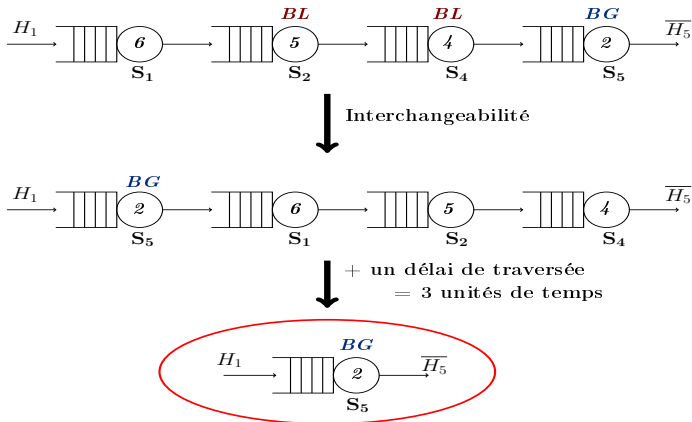
Approche 1 : Bornes stochastiques supérieures sur la distribution de sortie et le délai dans le réseau

2. Théorème d'interchangeabilité : mettre le *Bottleneck* global en tête de réseau



Approche 1 : Bornes stochastiques supérieures sur la distribution de sortie et le délai dans le réseau

2. Théorème d'interchangeabilité : mettre le *Bottleneck* global en tête de réseau



Approche 1 : Bornes stochastiques supérieures sur la distribution de sortie et le délai dans le réseau

Au final,

- ▶ On analyse une seule file d'attente simple (*Bottleneck* global)
- ▶ On obtient des bornes stochastiques supérieures sur la distribution exacte de sortie et la distribution exacte de délai de traversée dans le réseau
- ▶ Utilisation de notre méthode de bornes stochastiques (borne stochastique supérieure) sur la distribution d'entrée (H_1)

Sommaire

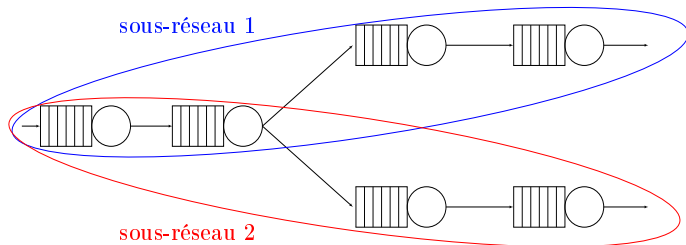
- 1 Motivation
- 2 Notre méthodologie : Analyse d'une file d'attente
- 3 Analyse de réseaux en tandem
- 4 Conclusion et perspectives

Conclusion

- ▶ Définition de nouvelles solutions de modélisation et de résolution numérique reposant sur les techniques de bornes
- ▶ Détermination de bornes sur les performances qui peuvent être très pertinentes pour le dimensionnement de réseau de files d'attente en tandem
- ▶ Approches valables également pour les réseaux en arbres

Conclusion

- ▶ Définition de nouvelles solutions de modélisation et de résolution numérique reposant sur les techniques de bornes
- ▶ Détermination de bornes sur les performances qui peuvent être très pertinentes pour le dimensionnement de réseau de files d'attente en tandem
- ▶ Approches valables également pour les réseaux en arbres



Conclusion

- ▶ Définition de nouvelles solutions de modélisation et de résolution numérique reposant sur les techniques de bornes
- ▶ Détermination de bornes sur les performances qui peuvent être très pertinentes pour le dimensionnement de réseau de files d'attente en tandem
- ▶ Approches valables également pour les réseaux en arbres

Perspectives :

- ▶ Voir si les approches développées peuvent être améliorées
- ▶ Prouver théoriquement que l'approche 4 est la meilleure
- ▶ Voir si on peut généraliser ces approches sur des réseaux à topologie plus générale