



***Approche système en
algorithmique des télécommunications***

Bertrand Ducourthial

Introduction

- Algorithmique des télécommunications

- Définir des algorithmes assurant le transport de l'information
- Offrir le meilleur service à l'utilisateur
- Disponibilité
 - Robustesse, réaction rapide si problème
- Rapidité
 - Débit important

Introduction

- Algorithmique des télécommunications
- **Auto-régulation du réseau**
 - Forte croissance d'Internet...
 - Régulation par l'algorithmique
 - Algorithmes répartis :
ensemble de programmes répartis
dans le réseau et communiquant entre eux
(protocole)

Introduction

- Algorithmique des télécommunications
- Auto-régulation du réseau
- **Approche système**
 - Approche globale
 - Pluri-disciplinarité
 - Modélisation adéquate
 - permettre la connexion entre disciplines
 - utiliser des résultats obtenus dans d'autres contextes

Introduction

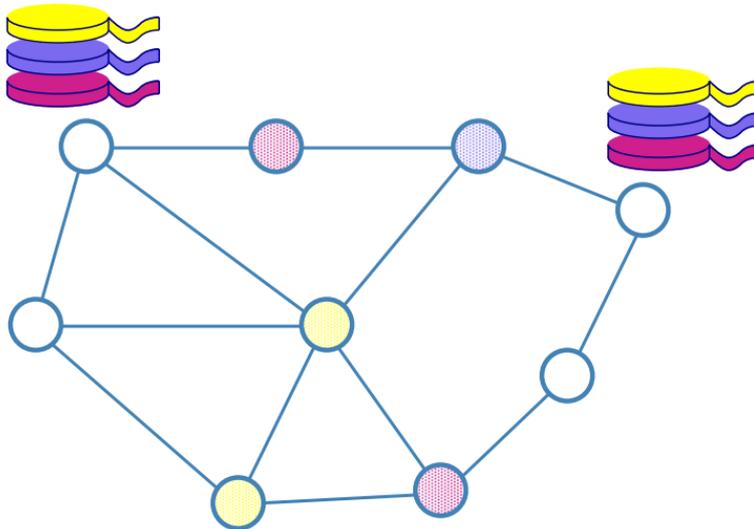
- Algorithmique des télécommunications
- Auto-régulation du réseau
- Approche système
- **Action concertée incitative Jeunes Chercheurs**

B. Ducourthial, D. Nace, S. Niculescu, thèse de F. Chatté

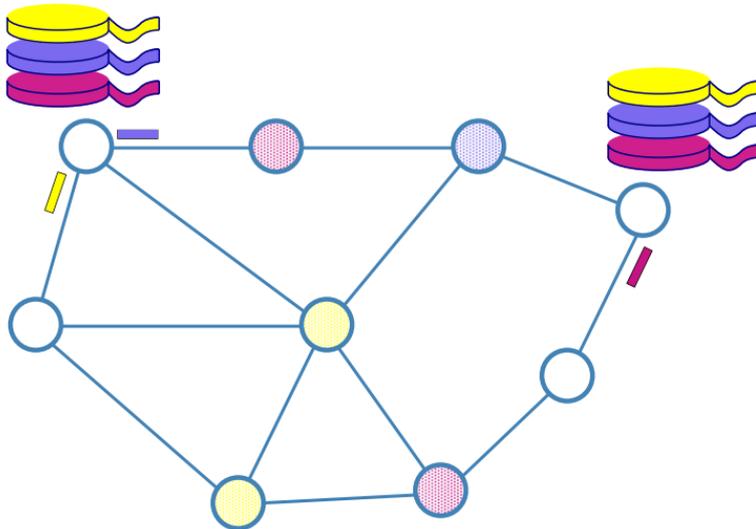


- Application de l'automatique à l'algorithmique des télécommunications
- Modélisations préliminaires puis utilisation de la théorie des systèmes à retards incertains
- **Illustration : multidistribution et congestions**

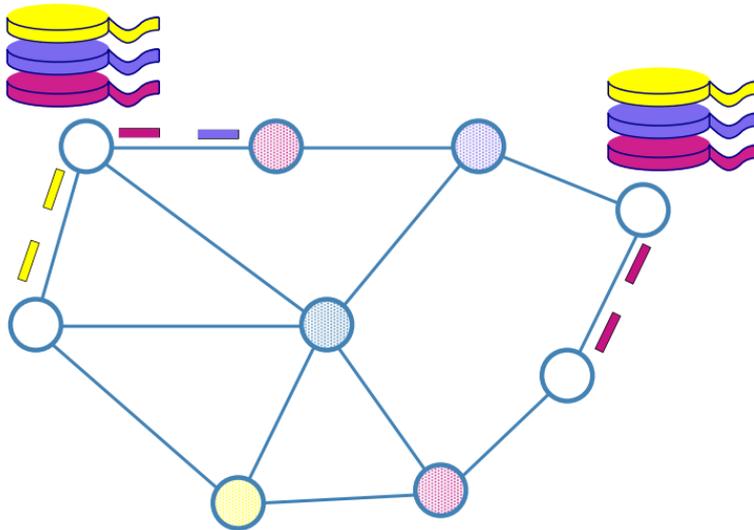
Multidistribution



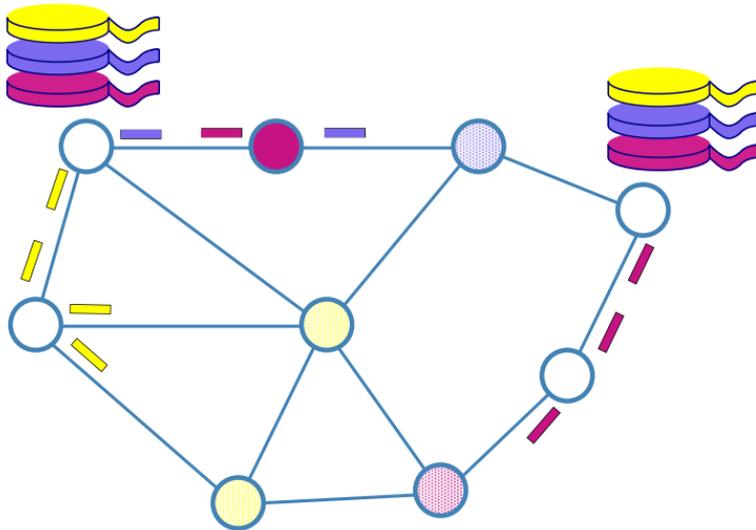
Multidistribution



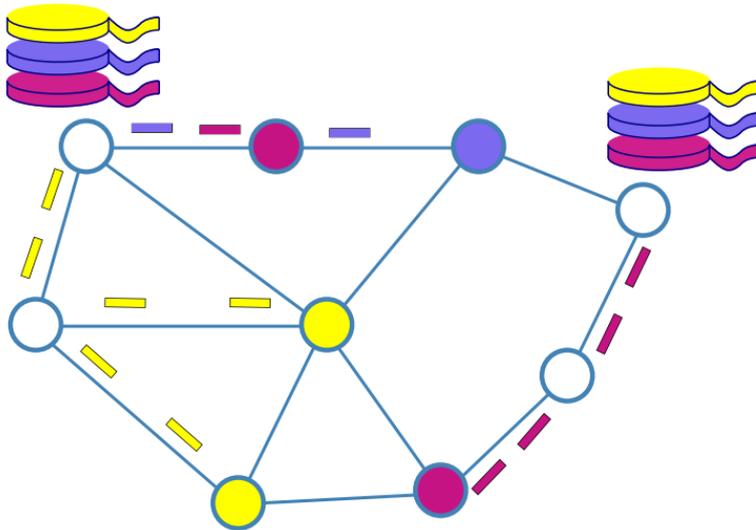
Multidistribution



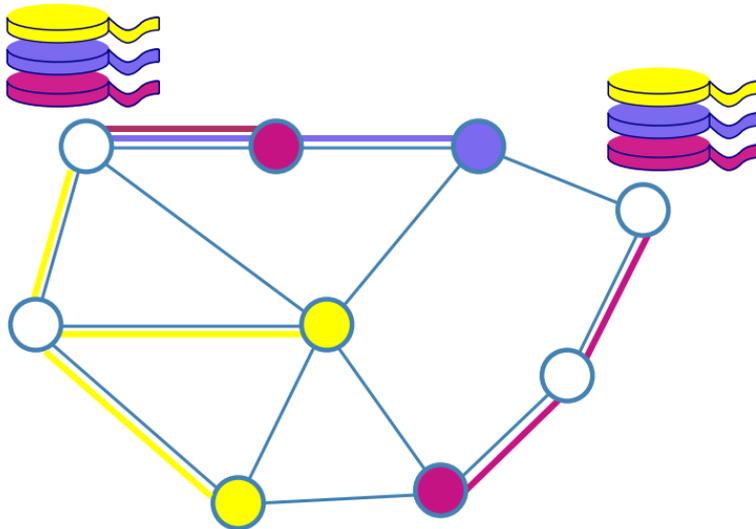
Multidistribution



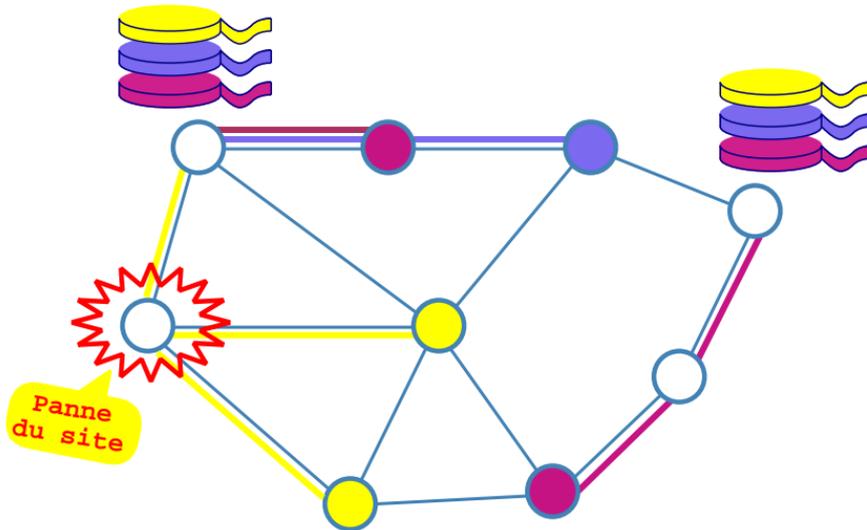
Multidistribution



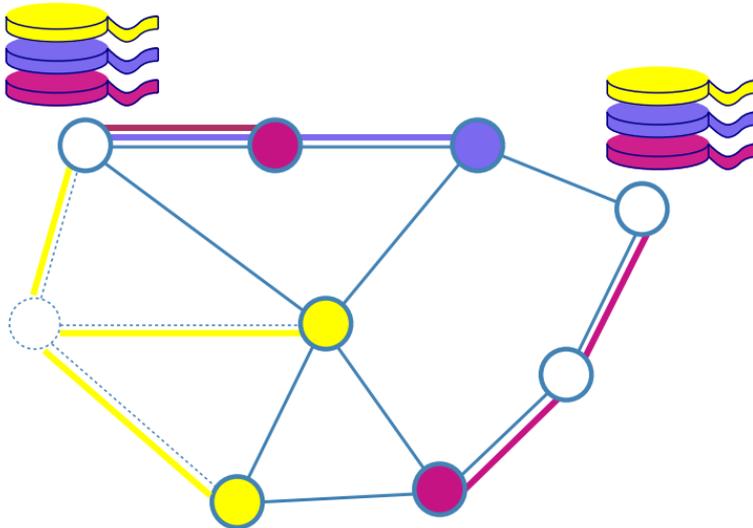
Multidistribution



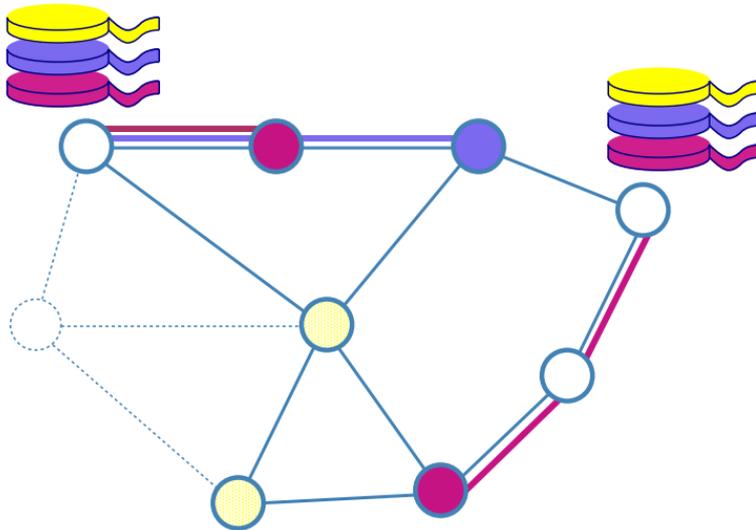
Multidistribution



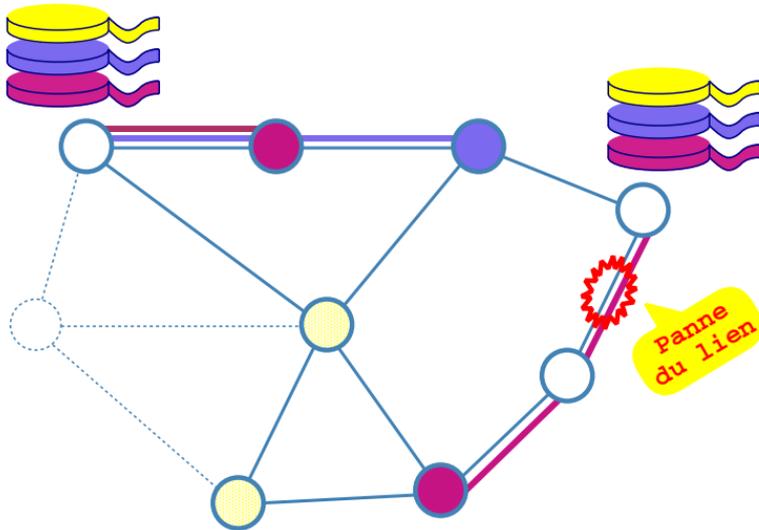
Multidistribution



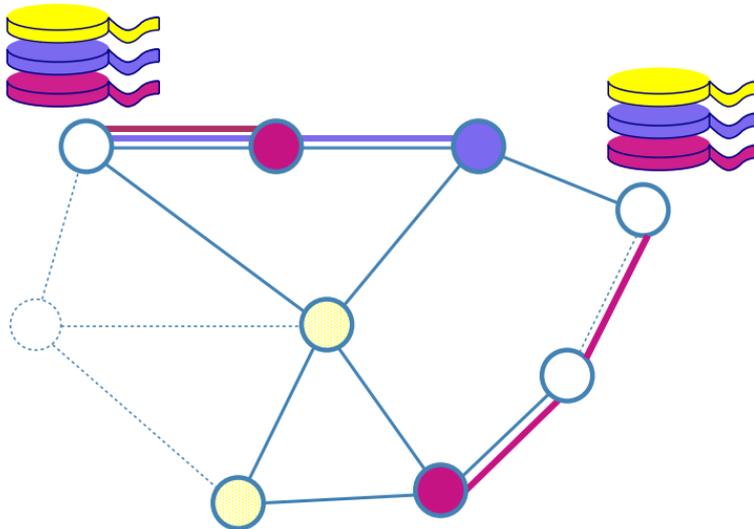
Multidistribution



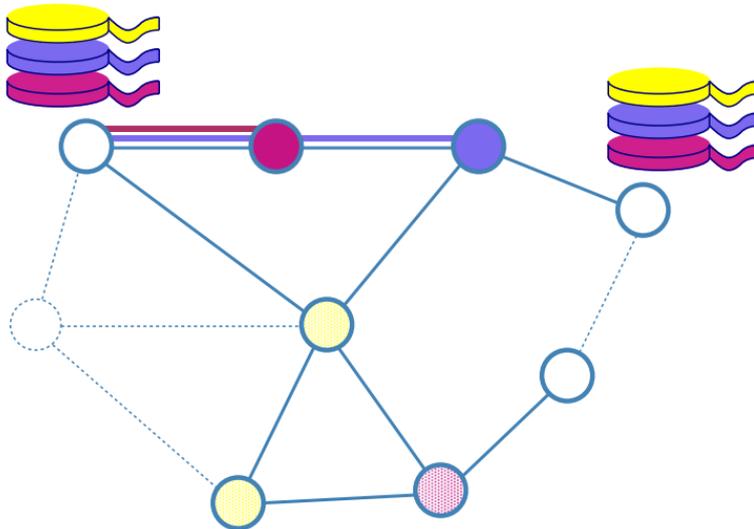
Multidistribution



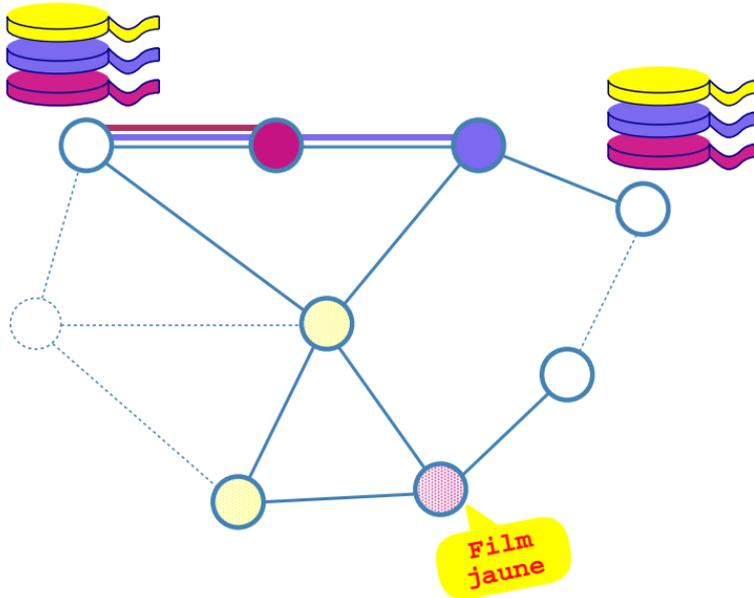
Multidistribution



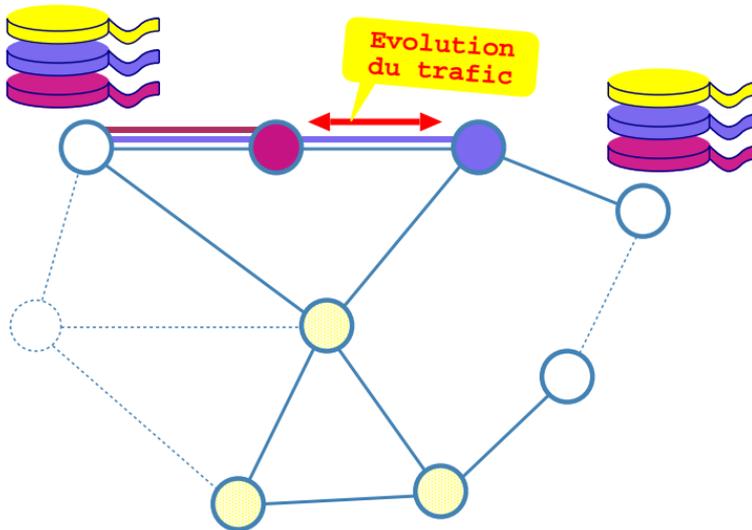
Multidistribution



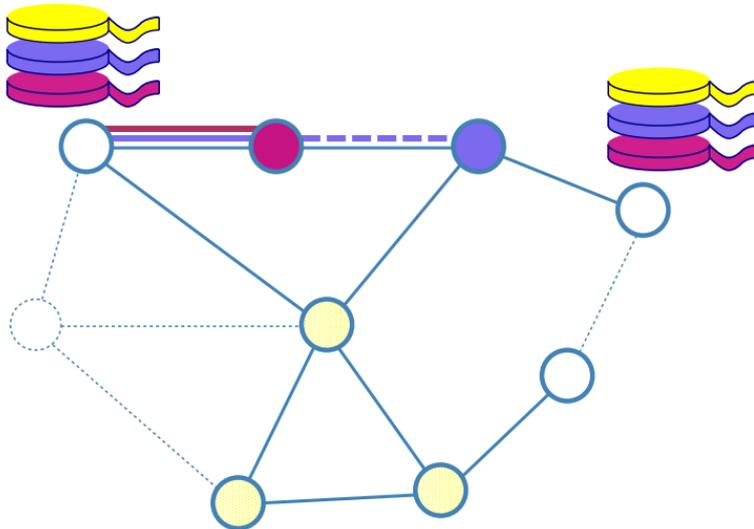
Multidistribution



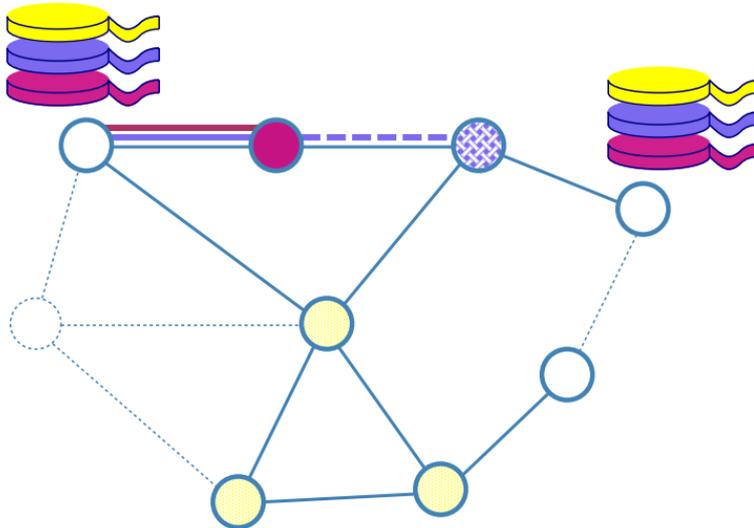
Multidistribution



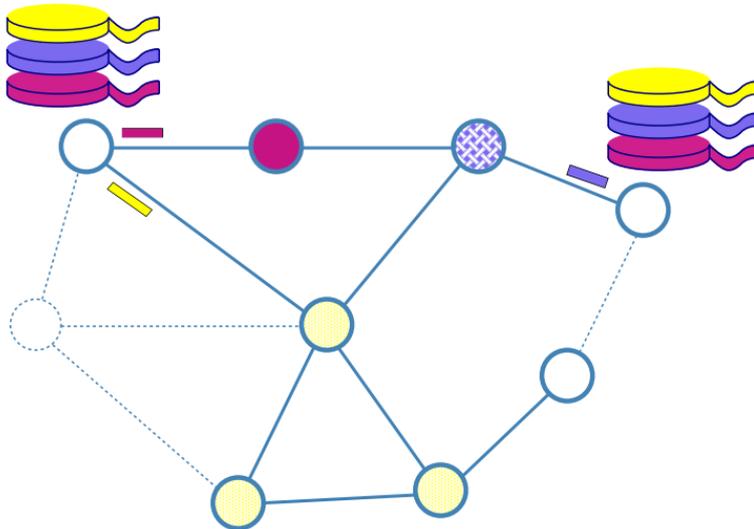
Multidistribution



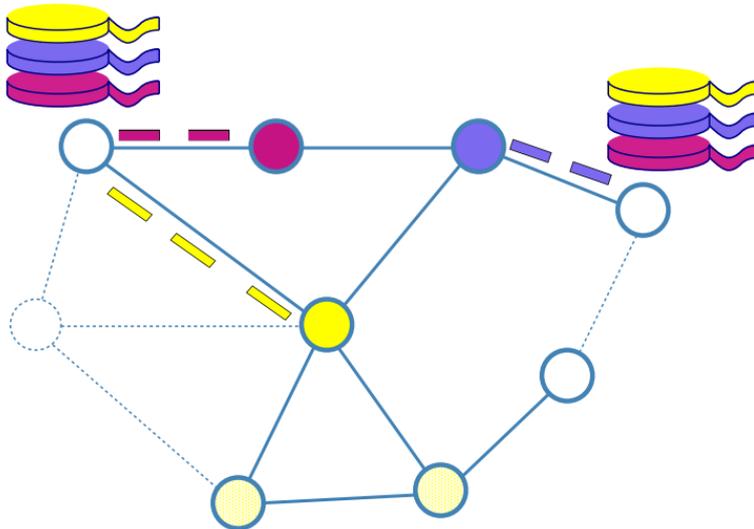
Multidistribution



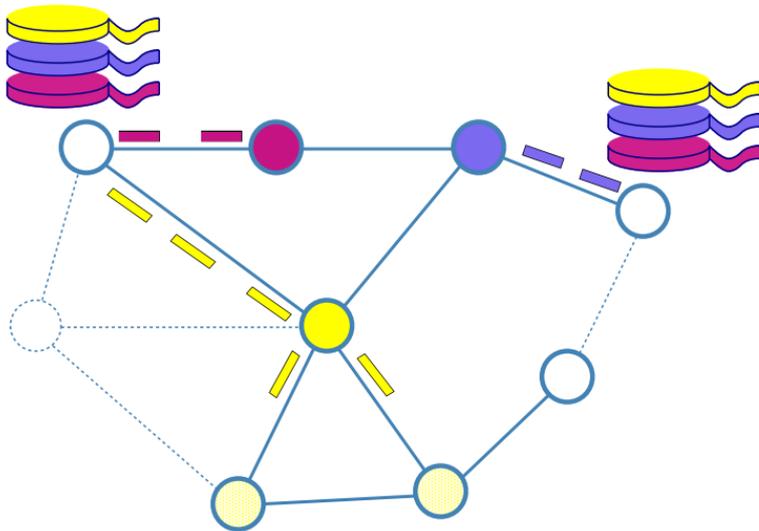
Multidistribution



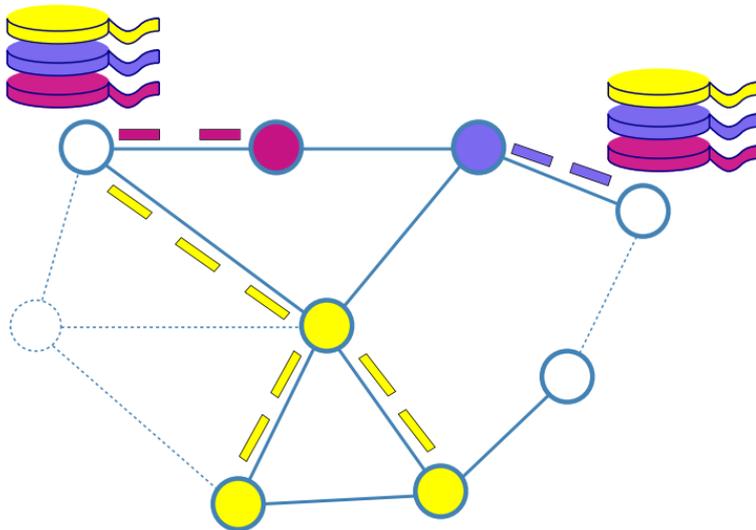
Multidistribution



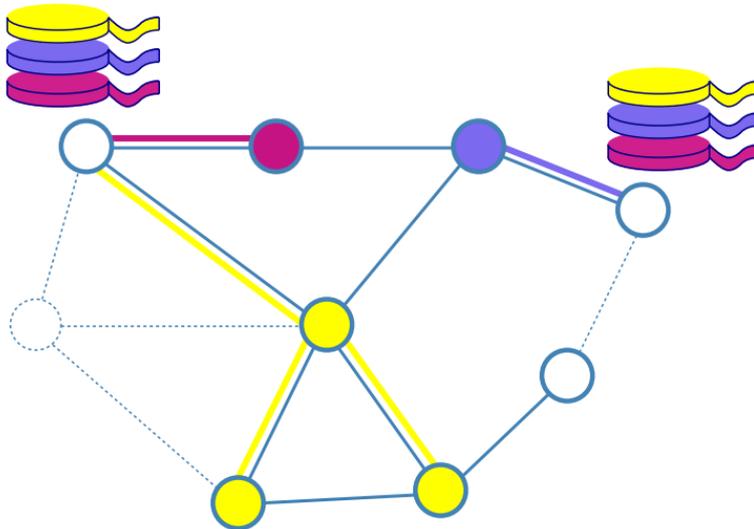
Multidistribution



Multidistribution



Multidistribution



du problème à l'algorithme

- auto-régulation de la multidistribution

du problème à l'algorithme

- **auto-régulation de la multidistribution**
- **supporter les modifications inopinées :**
 - évolution du trafic
 - changement des choix
 - pannes

du problème à l'algorithme

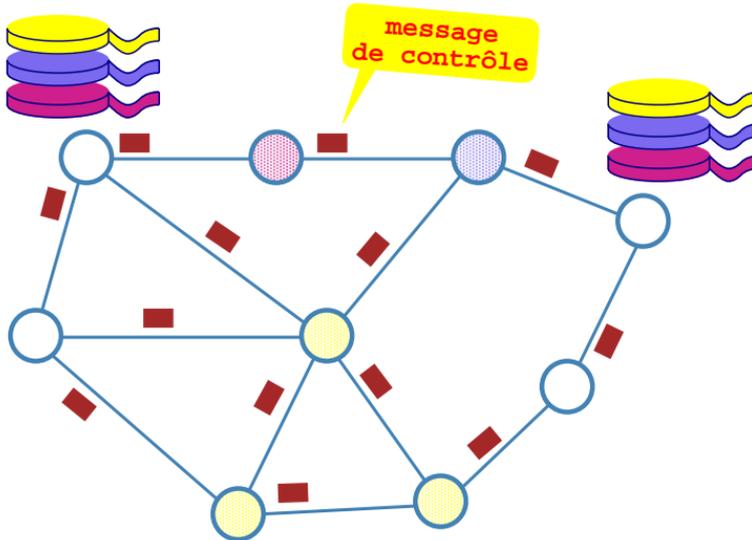
- **auto-régulation de la multidistribution**
- **supporter les modifications inopinées :**
 - évolution du trafic
 - changement des choix
 - pannes
- **algorithme tolérant les défaillances transitoires**
 - algorithme auto-stabilisant paramétré

du problème à l'algorithme

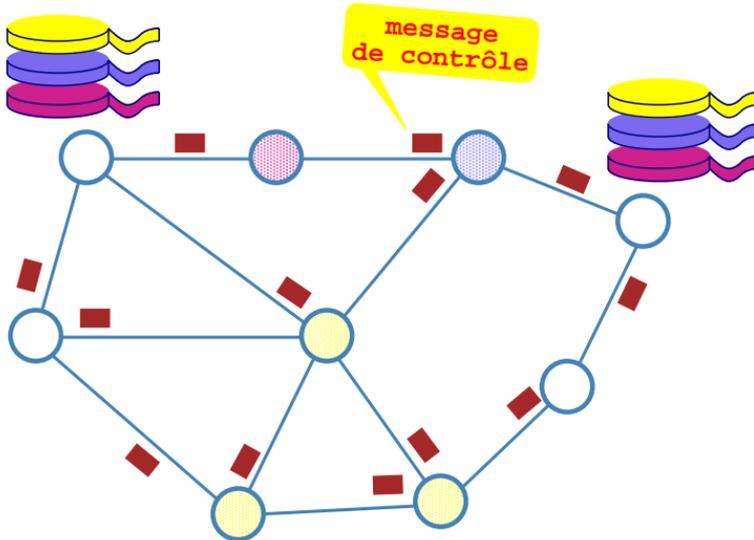
- **auto-régulation de la multidistribution**
- **supporter les modifications inopinées :**
 - évolution du trafic
 - changement des choix
 - pannes

→ **défaillances**
- **algorithme auto-stabilisant paramétré**
- **limiter le contrôle**
 - pas d'acquiescement des messages de contrôle
 - supporter les pertes, déséquencements, et modifications des messages de contrôle

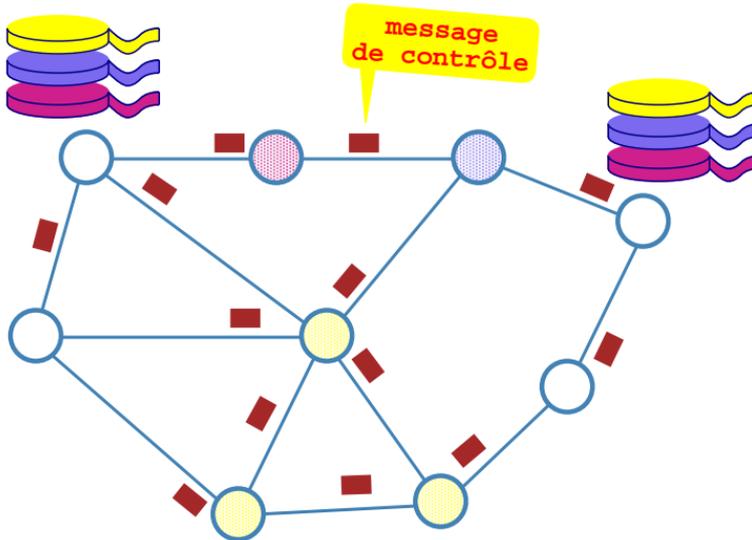
du problème à l'algorithme



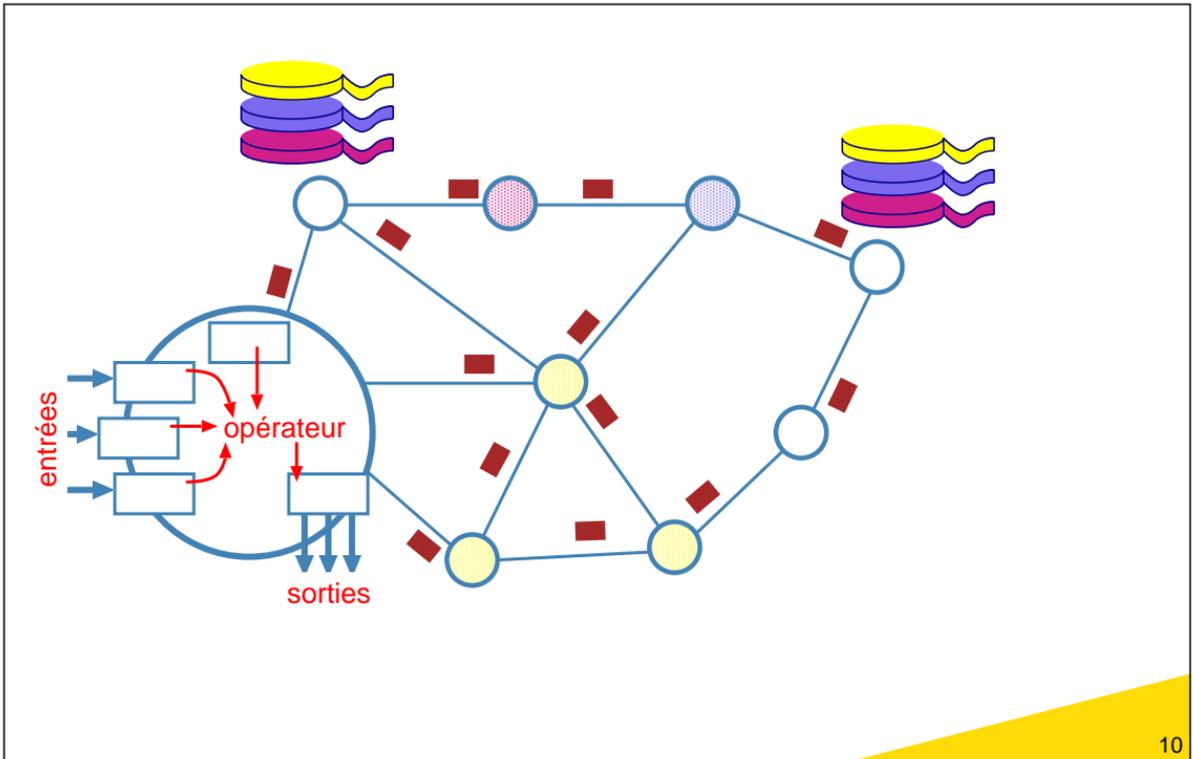
du problème à l'algorithme



du problème à l'algorithme

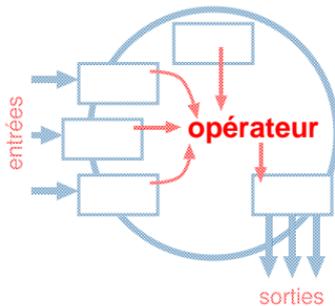


du problème à l'algorithme



de l'algorithmique au r-opérateur

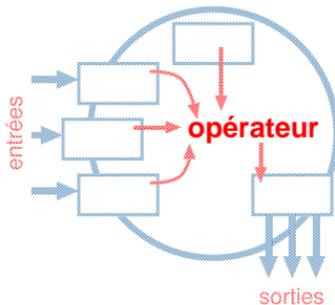
- Algorithme auto-stabilisant paramétré par un **opérateur**



de l'algorithme au r-opérateur

- Algorithme auto-stabilisant paramétré par un **opérateur**

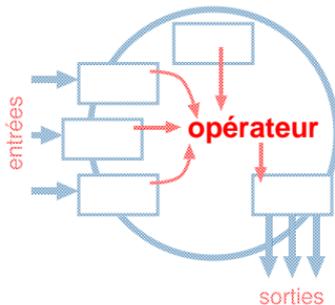
- assurant la terminaison de l'algorithme



de l'algorithme au r-opérateur

- Algorithme auto-stabilisant paramétré par un **opérateur**

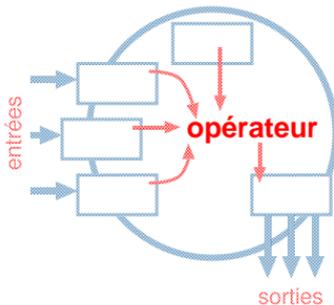
- assurant la terminaison de l'algorithme
- tolérant le désordonnement, l'altération et la perte des messages



de l'algorithme au r-opérateur

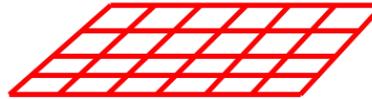
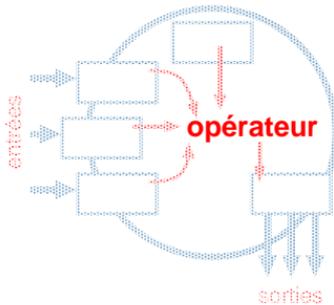
- Algorithme auto-stabilisant paramétré par un **opérateur**

- assurant la terminaison de l'algorithme
- tolérant le désordonnement, l'altération et la perte des messages
- assurant les spécifications
sélectionner un meilleur antécédant
critère de choix quelconque (mais fixé)



de l'algorithmique au r-opérateur

algèbre idempotente



terminaison
non auto-stabilisant

exemple : min, max

$$x \circ (y \circ z) = (x \circ y) \circ z$$

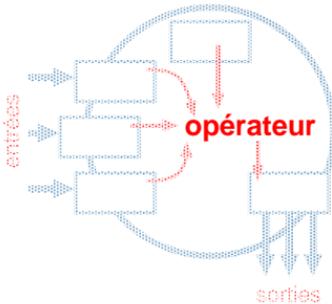
$$x \circ y = y \circ x$$

$$x \circ x = x$$

associativité
commutativité
idempotence

de l'algorithme au r-opérateur

algèbre idempotente
(r-algèbre avec $r=Id$)



$$r(x) = x$$



terminaison
non auto-stabilisant

r : application identité $r(x) = x$

$$x \circ (y \circ r(z)) = (x \circ y) \circ z \quad \text{r-associativité}$$

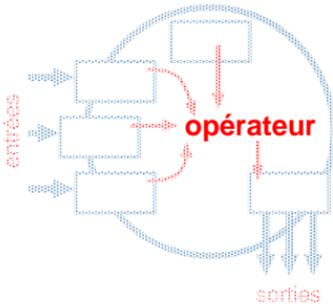
$$r(x) \circ y = r(y) \circ x \quad \text{r-commutativité}$$

$$r(x) \circ x = r(x) \quad \text{r-idempotence}$$

de l'algorithme au r-opérateur

r-algèbre (strictement)
idempotente

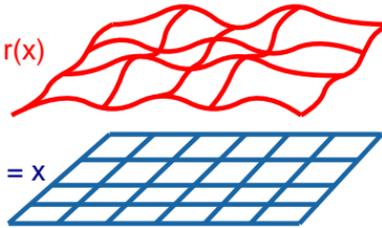
algèbre idempotente
(r-algèbre avec $r=Id$)



↑
expansion de r

$$x < r(x)$$

$$r(x) = x$$



↑ auto-stabilisant

↓ terminaison

r : application expansive

$$x \circ (y \circ r(z)) = (x \circ y) \circ z \quad \text{r-associativité}$$

$$r(x) \circ y = r(y) \circ x \quad \text{r-commutativité}$$

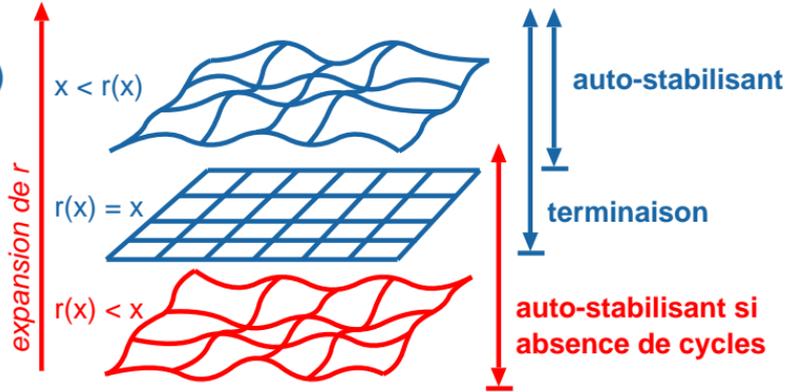
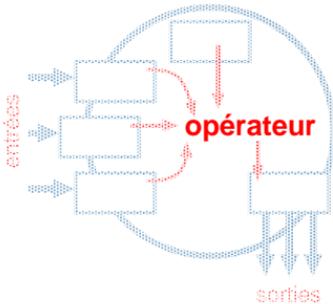
$$r(x) \circ x = r(x) \quad \text{r-idempotence}$$

→ r-opérateurs

de l'algorithme au r-opérateur

r-algèbre (strictement)
idempotente

algèbre idempotente
(r-algèbre avec $r=Id$)



r : application contractante

$x \circ (y \circ r(z)) = (x \circ y) \circ z$ r-associativité

$r(x) \circ y = r(y) \circ x$ r-commutativité

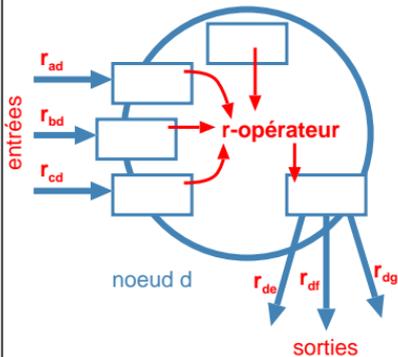
$r(x) \circ x = r(x)$ r-idempotence

→ r-opérateurs

du r-opérateur à la matrice

conditions globales

multidistribution multi-sources adaptative à critère quelconque



du *r*-opérateur à la matrice

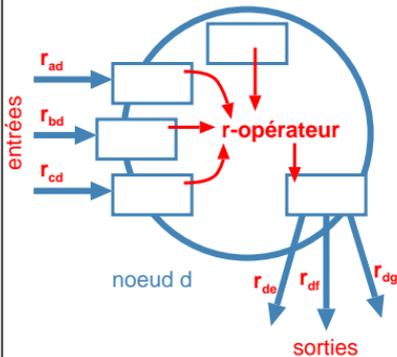
conditions globales



multidistribution multi-sources adaptative à critère quelconque

conditions locales

propriétés sur l'opérateur instanciant l'algorithme local



du r -opérateur à la matrice

conditions globales



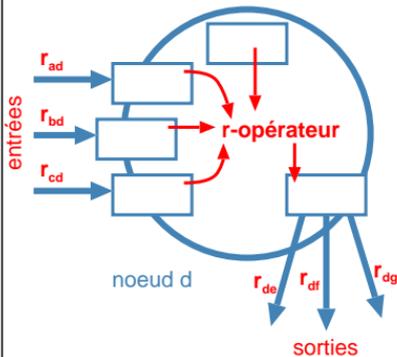
multidistribution multi-sources adaptative à critère quelconque

conditions locales

propriétés sur l'opérateur instanciant l'algorithme local



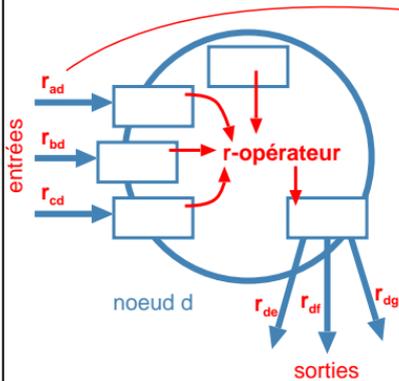
formulation matricielle



du r-opérateur à la matrice

A

matrice N x N de «r-fonctions»

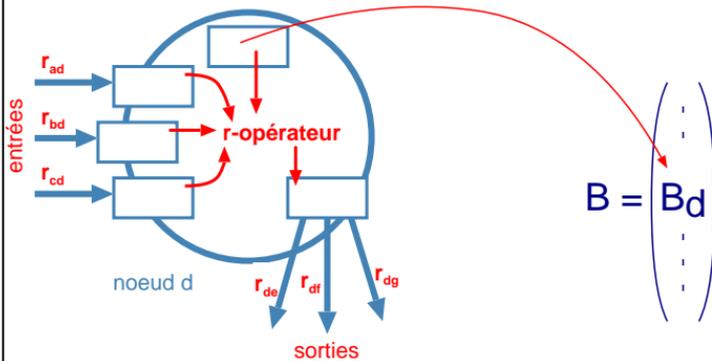


$$A = \begin{pmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & r_{uv} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

du r-opérateur à la matrice

A B

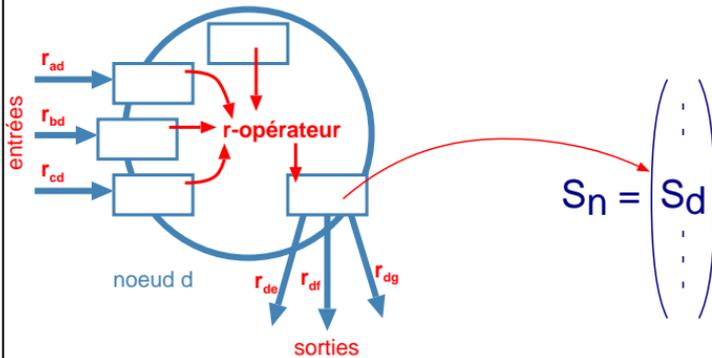
vecteur N x 1 de valeurs locales



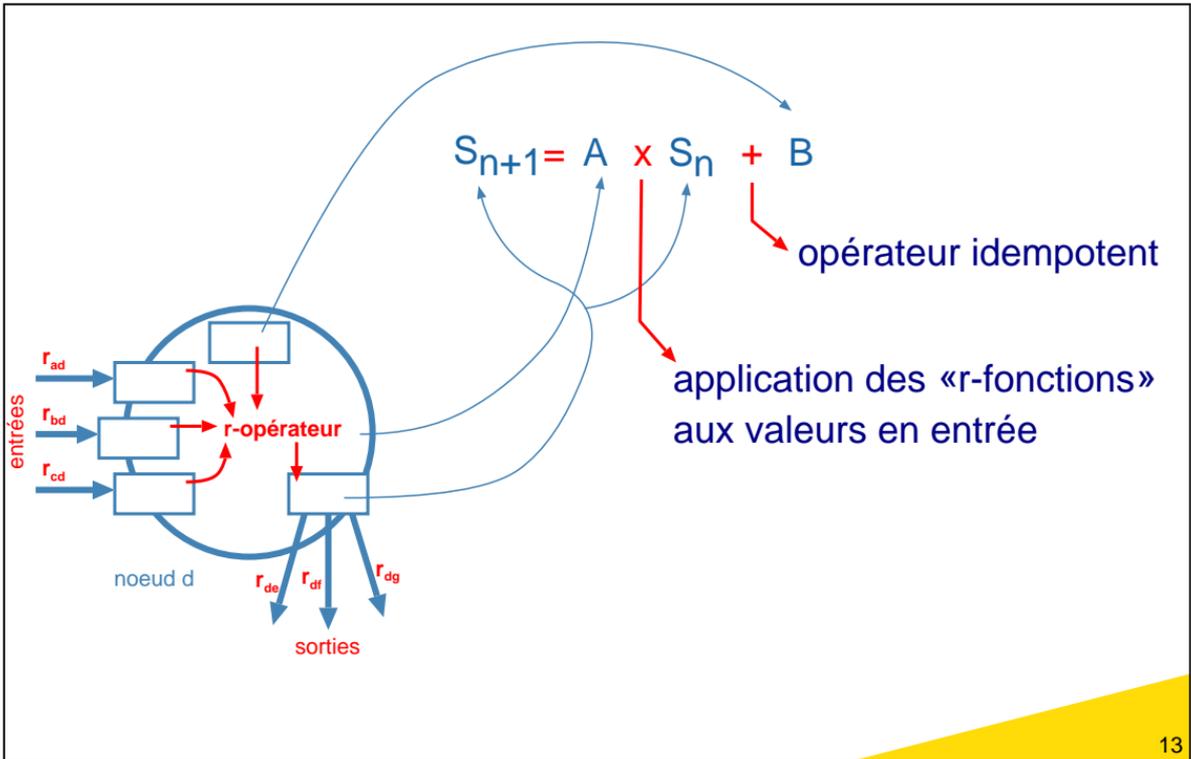
du r-opérateur à la matrice

$$S_{n+1} \quad A \quad S_n \quad B$$

vecteur N x 1 de valeurs de sorties



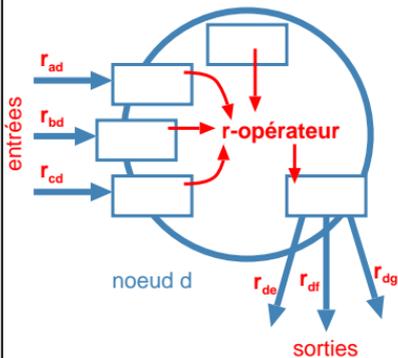
du r-opérateur à la matrice



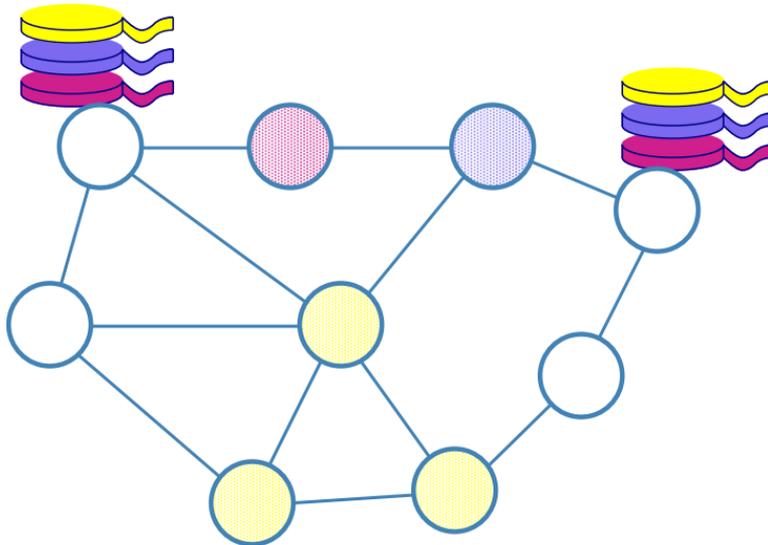
du r-opérateur à la matrice

$$S_{n+1} = A \times S_n + B$$

Seulement si le réseau est synchrone

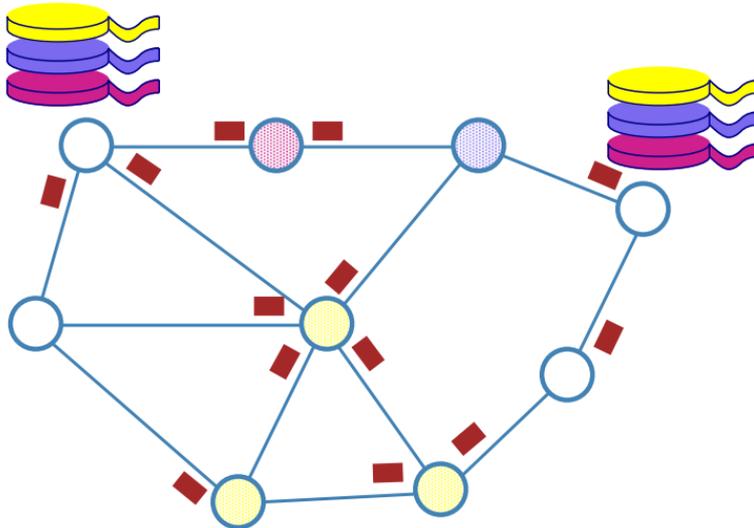


du r-opérateur à la matrice



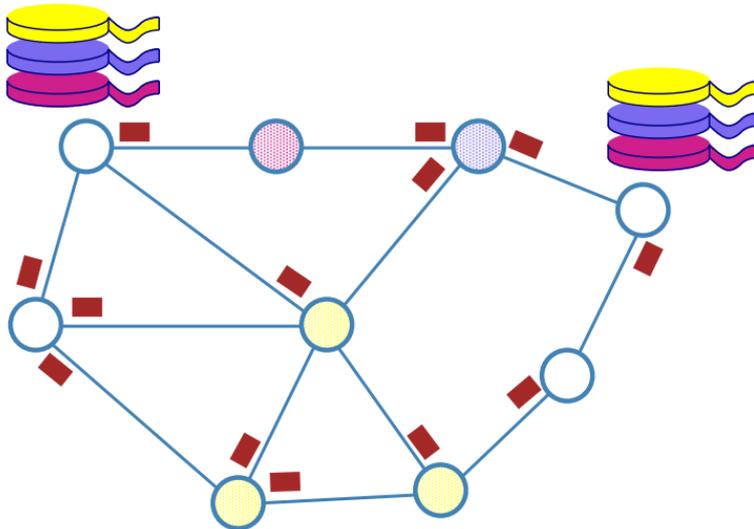
Réseau synchrone

du r -opérateur à la matrice



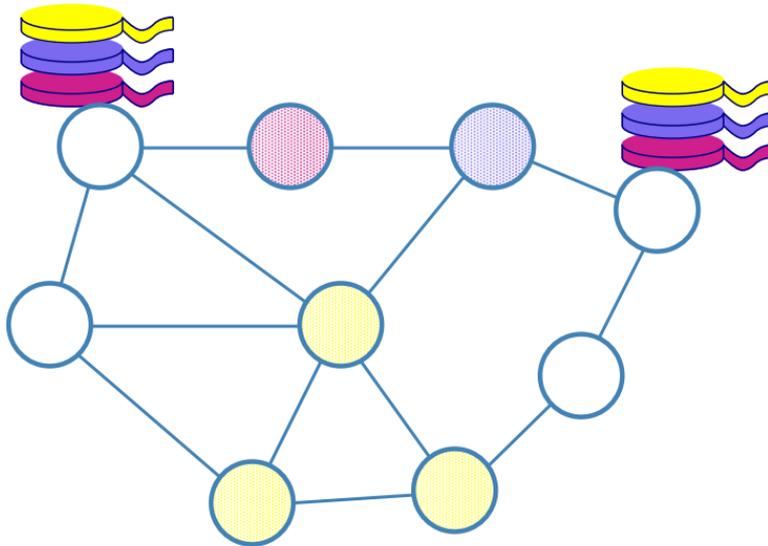
Réseau synchrone

du r-opérateur à la matrice



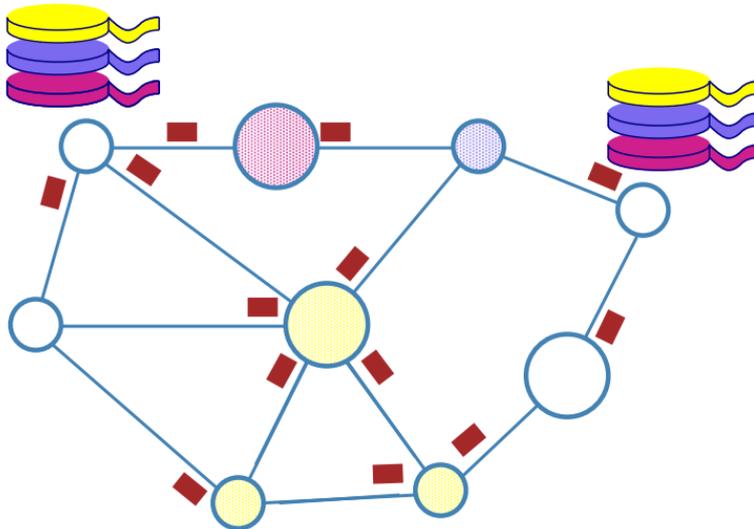
Réseau synchrone

du r-opérateur à la matrice



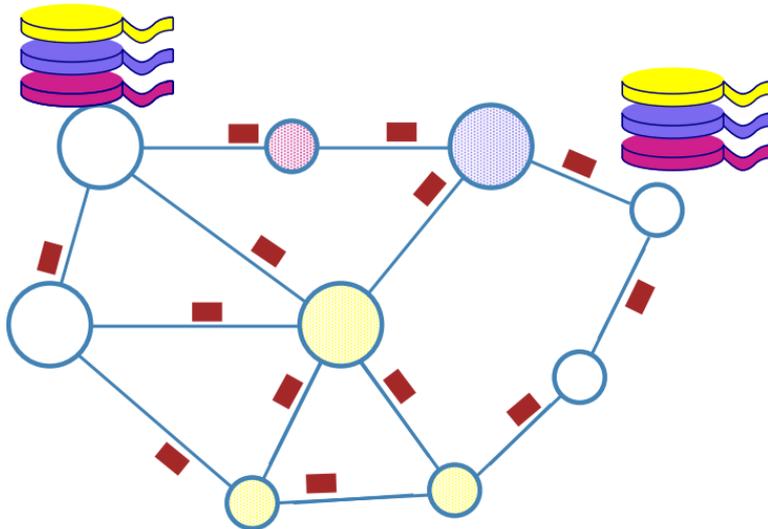
Réseau synchrone

du r-opérateur à la matrice



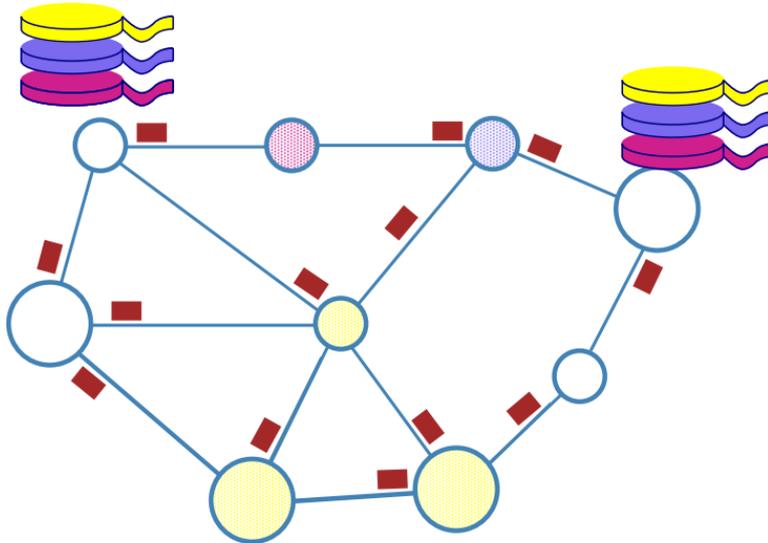
Réseau asynchrone

du r-opérateur à la matrice



Réseau asynchrone

du r-opérateur à la matrice



Réseau asynchrone

du r-opérateur à la matrice

- tous les sites actifs
en même temps

itération synchrone

$$S_{n+1} = A \times S_n + B$$

du r-opérateur à la matrice

- tous les sites actifs
en même temps

itération synchrone
 $S_{n+1} = \mathbf{A} \times S_n + \mathbf{B}$

- certains sites actifs
au même instant

itération asynchrone

$S_{n+1}[i] = S_n[i]$ si site i inactif
 $(\mathbf{A} \times S_n + \mathbf{B})[i]$ sinon

du r-opérateur à la matrice

- tous les sites actifs
en même temps

itération synchrone
 $S_{n+1} = \mathbf{A} \times S_n + \mathbf{B}$

- certains sites actifs
au même instant

itération asynchrone
 $S_{n+1}[i] = S_n[i]$ si site i inactif
 $(\mathbf{A} \times S_n + \mathbf{B})[i]$ sinon

- certains sites actifs
au même instant et
communications retardées

itération asynchrone à retard
 $S_{n+1}[i] = S_n[i]$ si site i inactif
 $(\mathbf{A} \times \text{retard}(S_n) + \mathbf{B})[i]$ sinon

les r-opérateurs strict. idempotents vérifient les conditions de convergence de ces itérations

Multidistribution : conclusion

problème de la multidistribution

Multidistribution : conclusion

auto-stabilisation
(Dijkstra 1974)

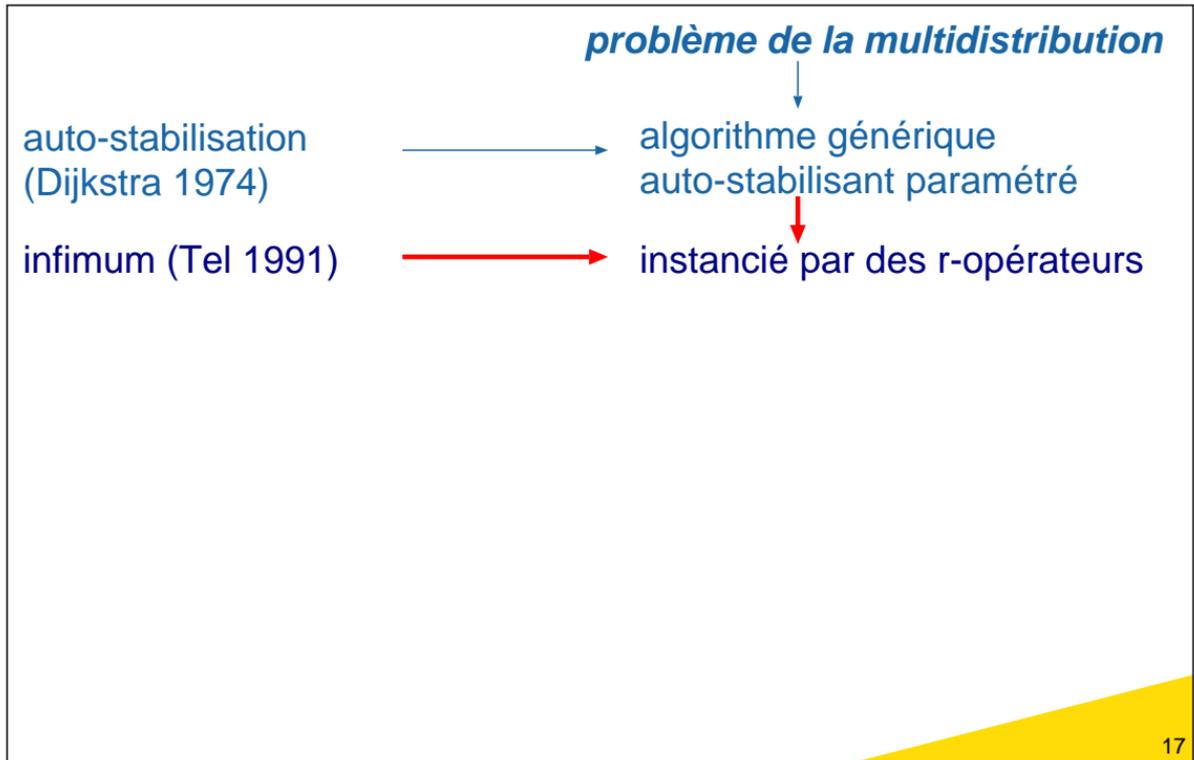


problème de la multidistribution

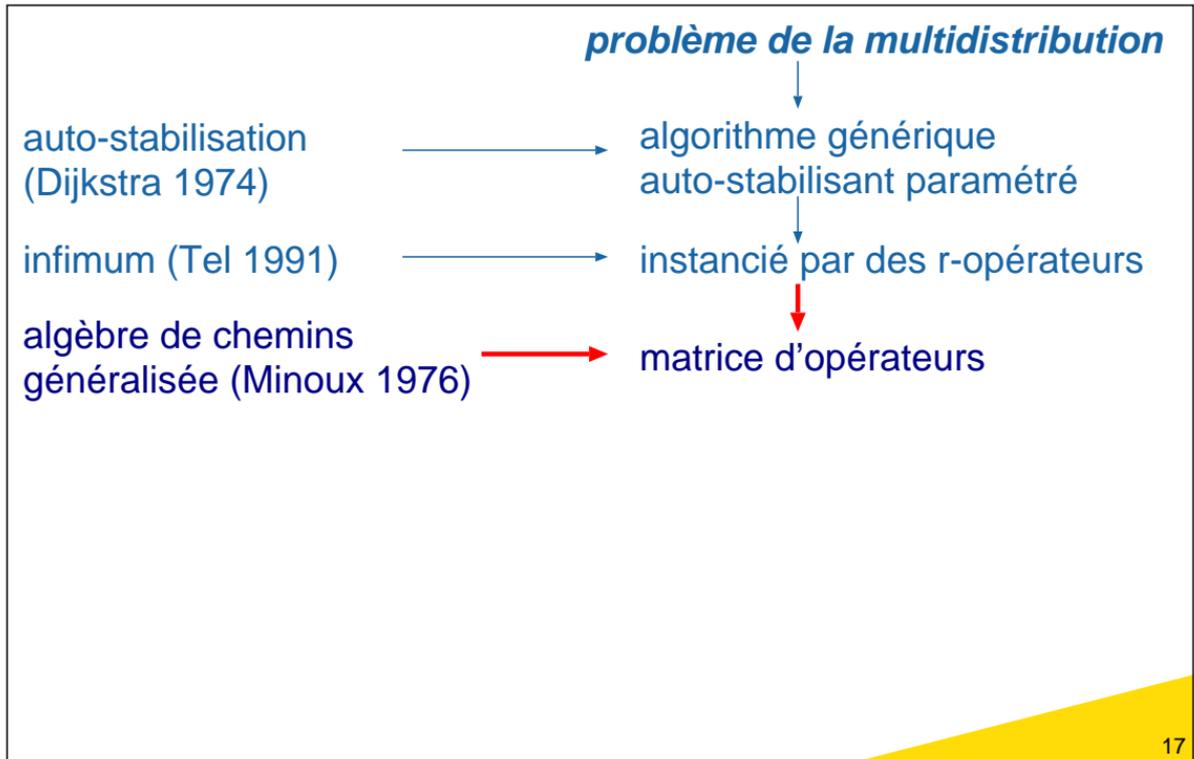


algorithme générique
auto-stabilisant paramétré

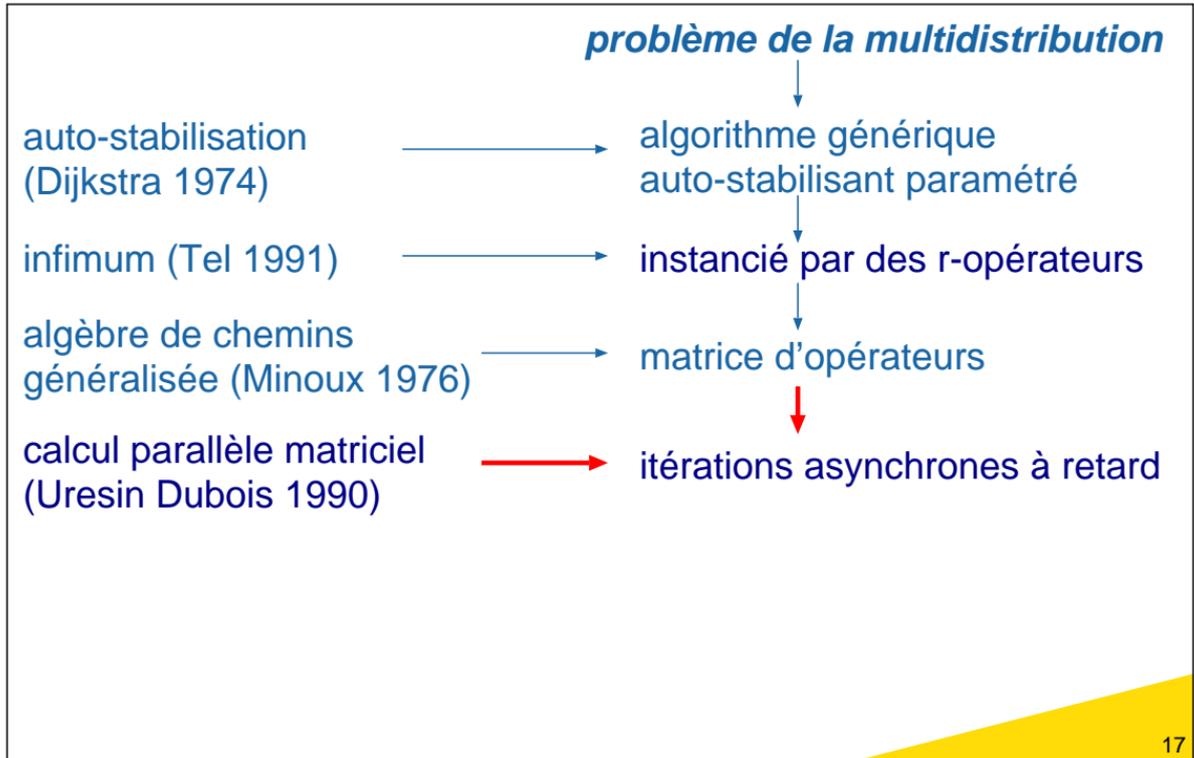
Multidistribution : conclusion



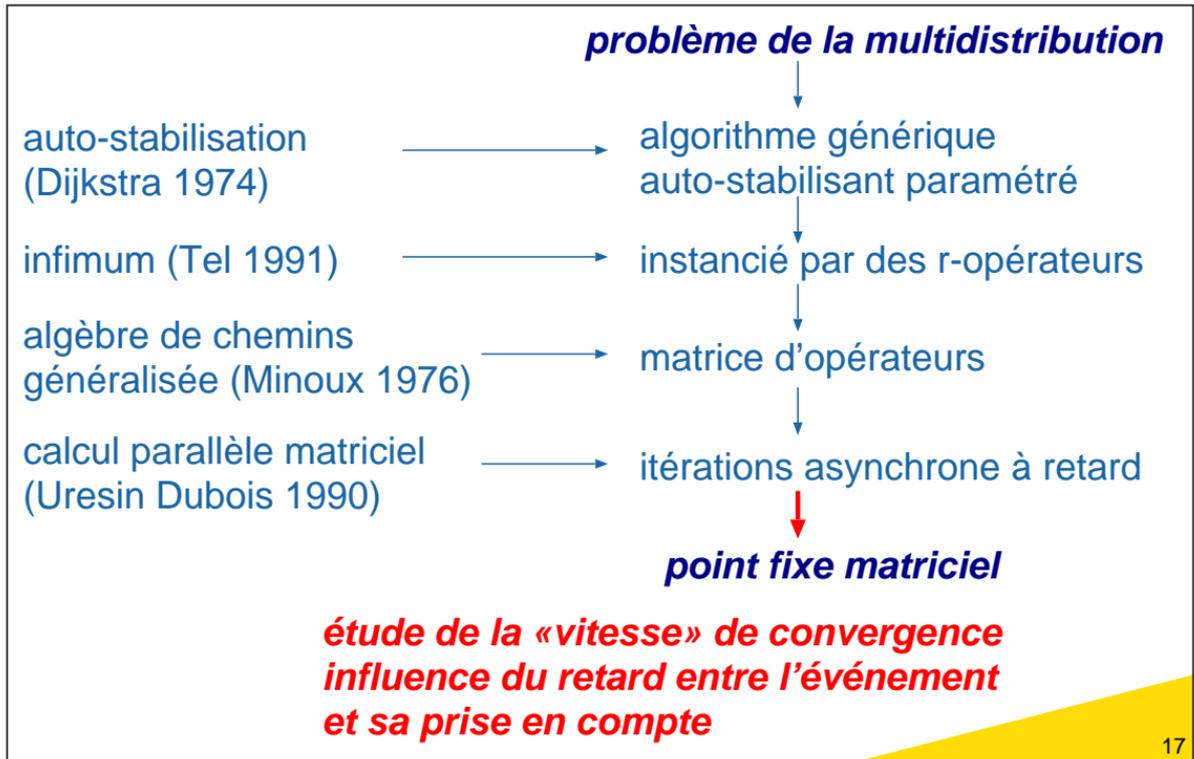
Multidistribution : conclusion



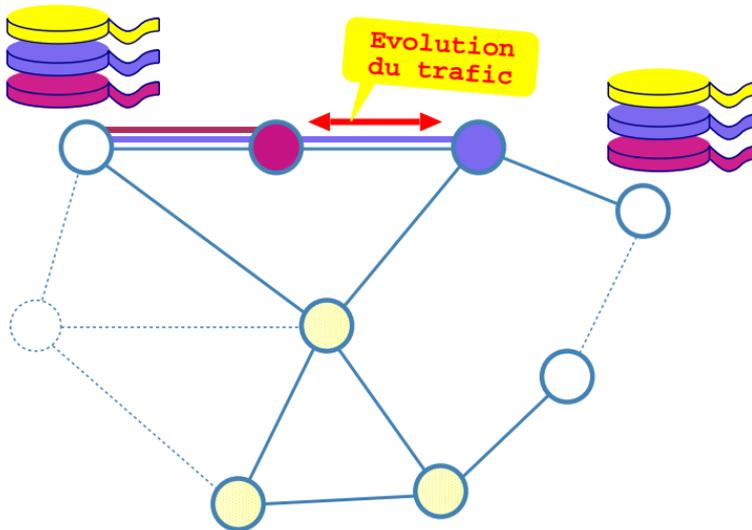
Multidistribution : conclusion



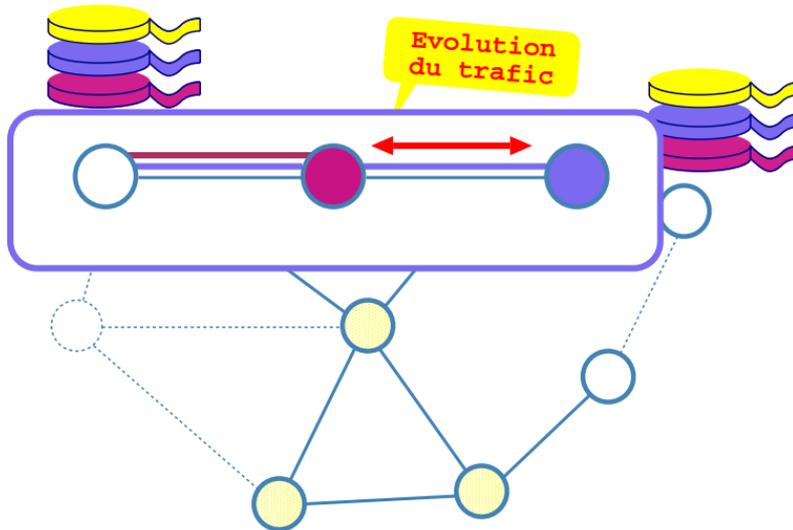
Multidistribution : conclusion



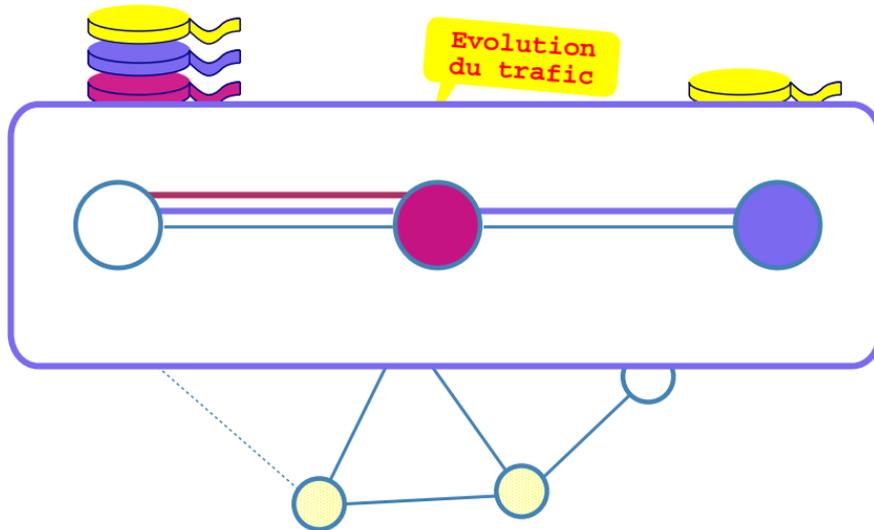
Contrôle des congestions



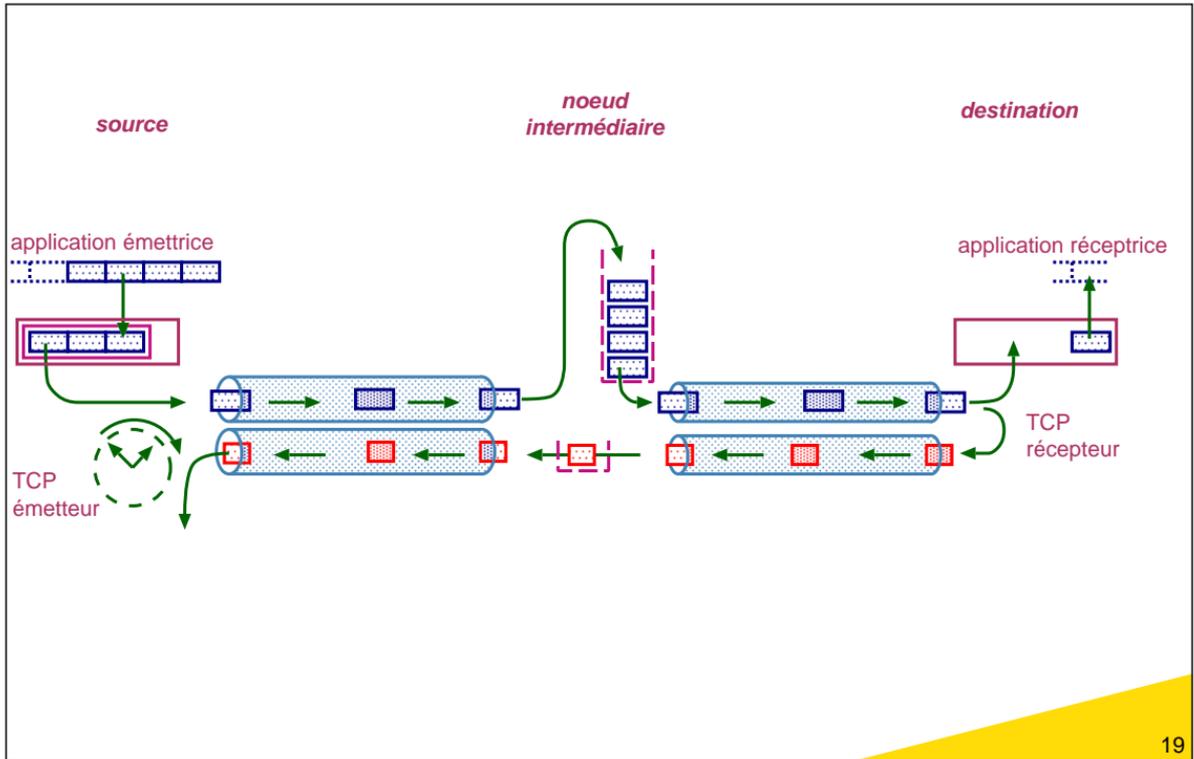
Contrôle des congestions



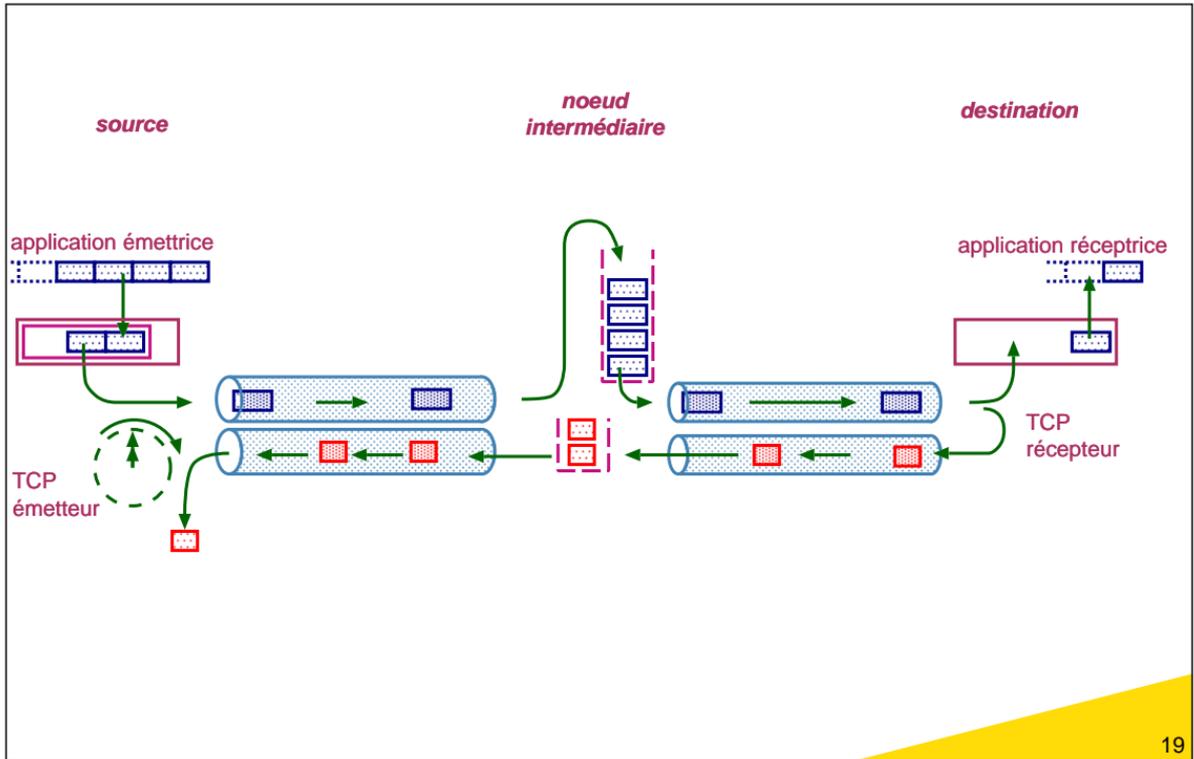
Contrôle des congestions



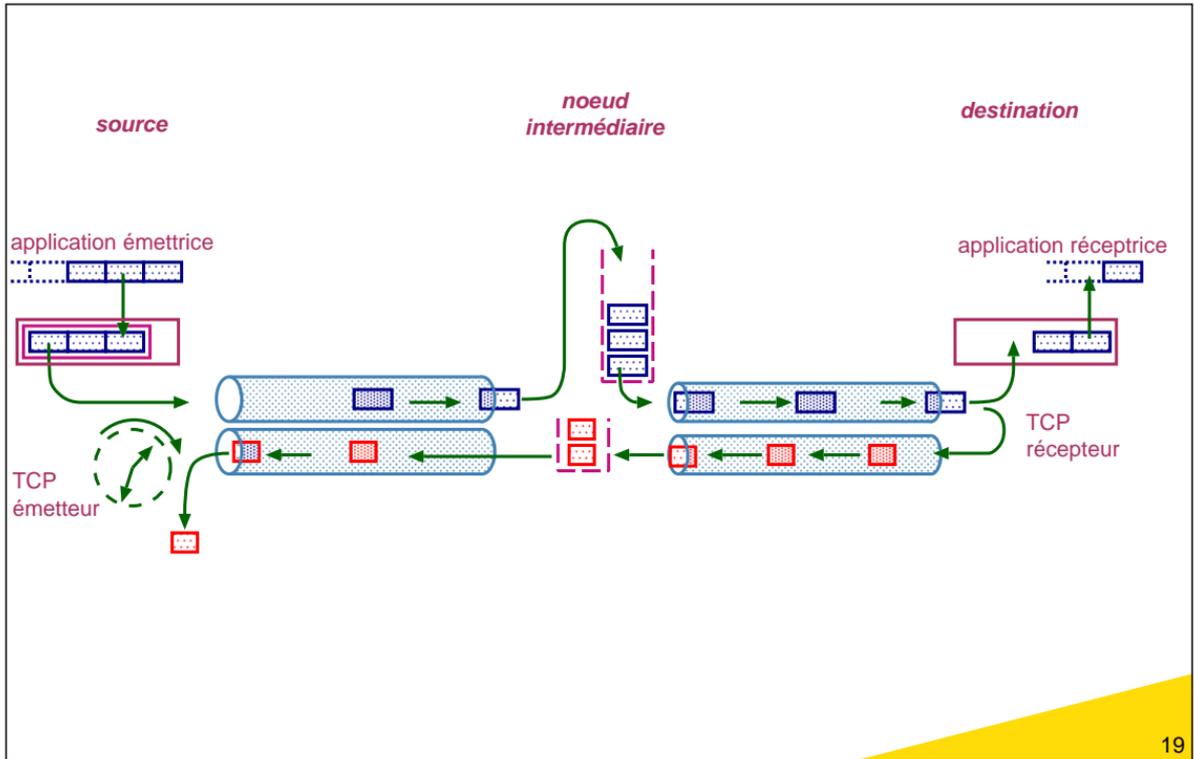
Contrôle des congestions



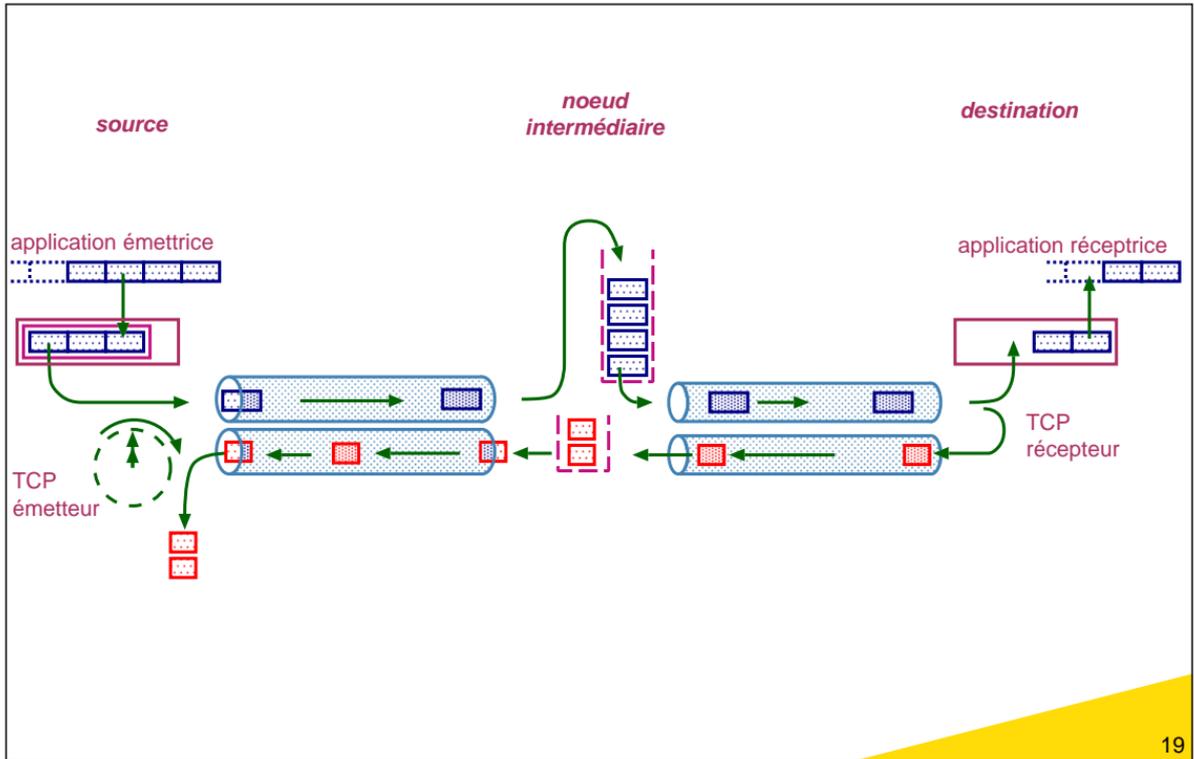
Contrôle des congestions



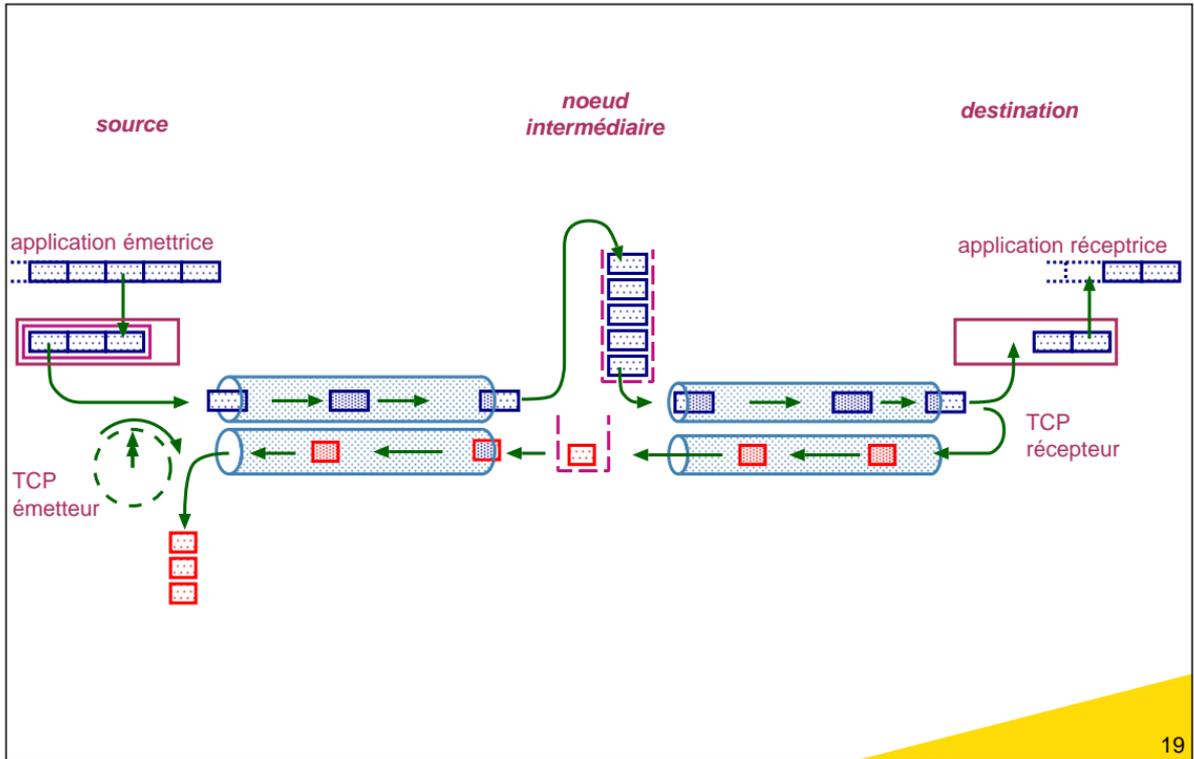
Contrôle des congestions



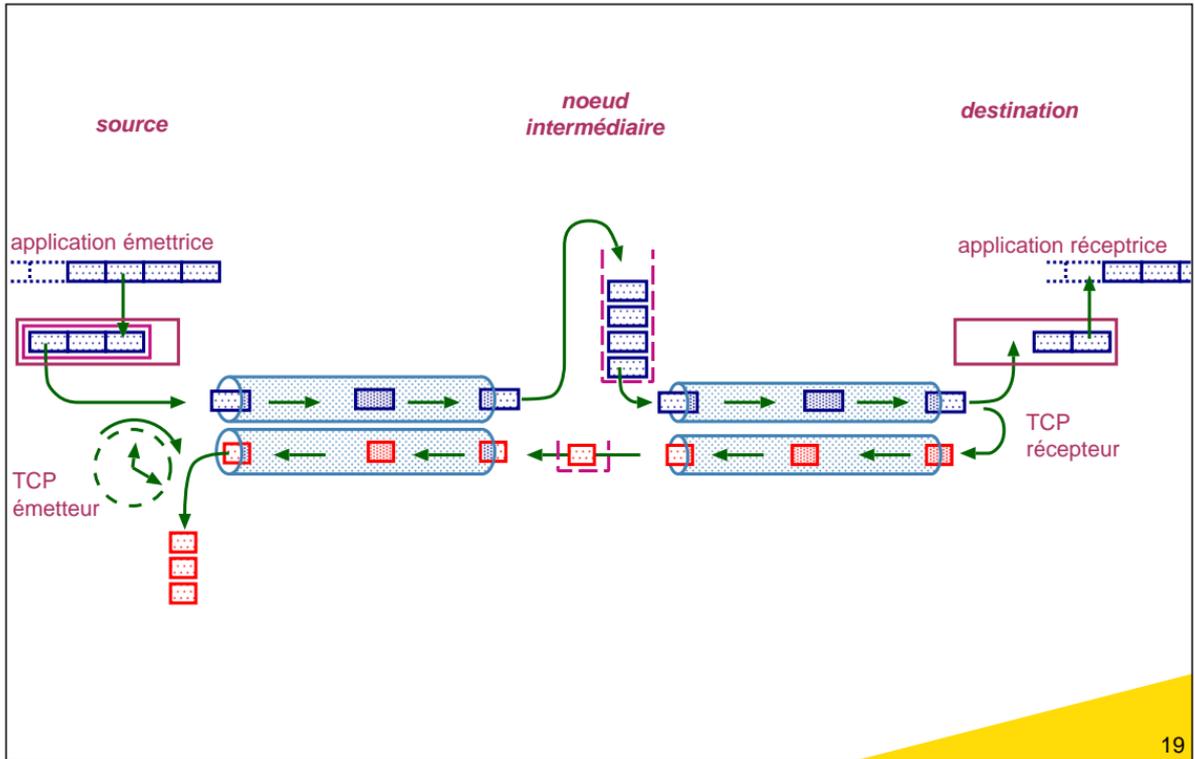
Contrôle des congestions



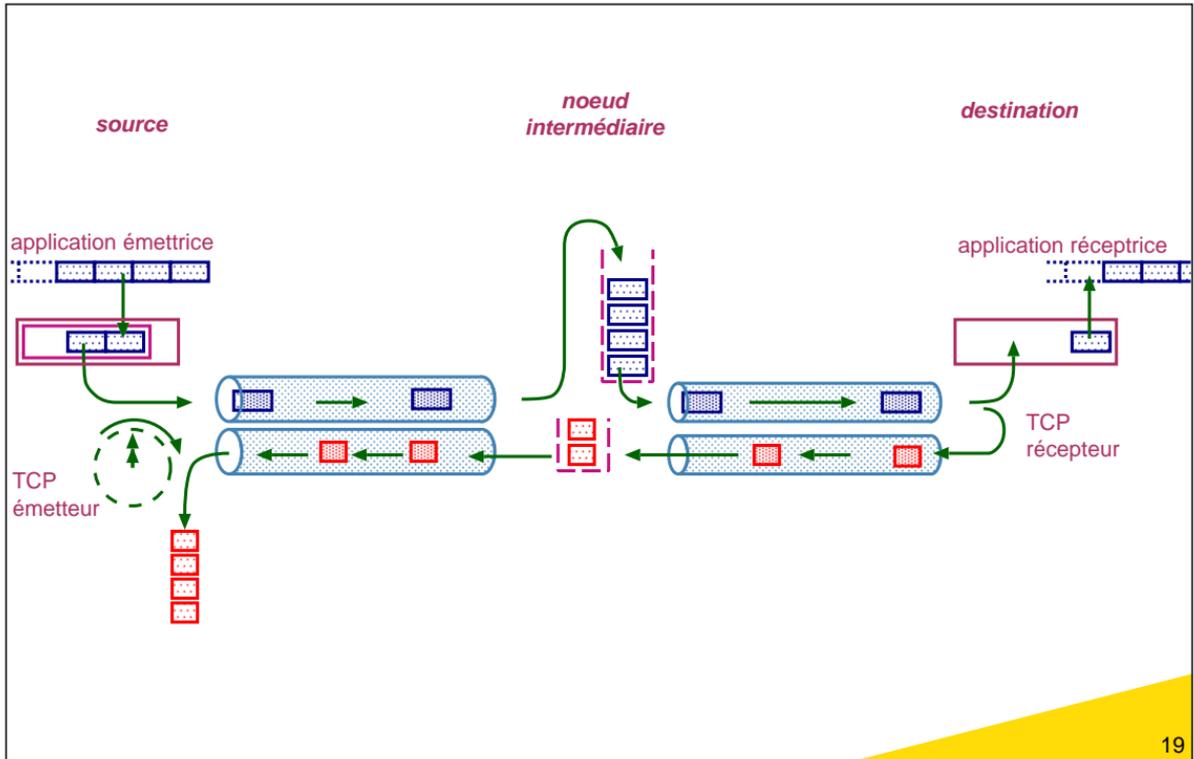
Contrôle des congestions



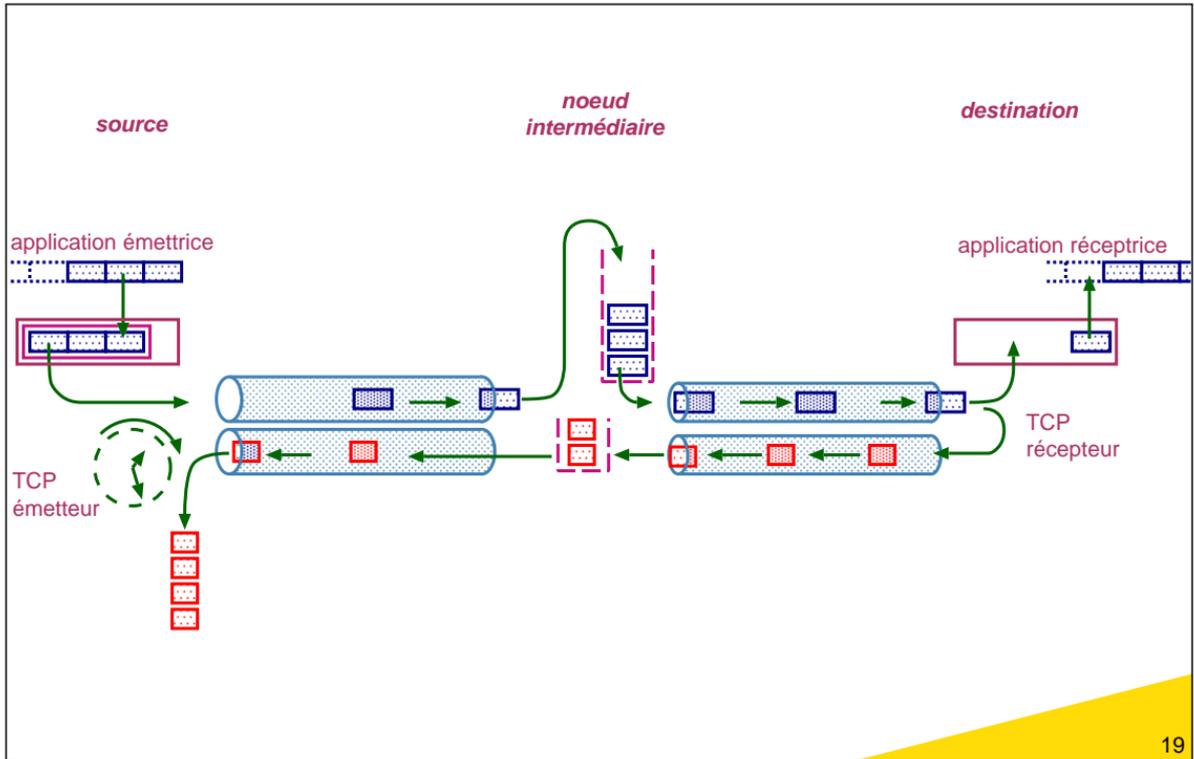
Contrôle des congestions



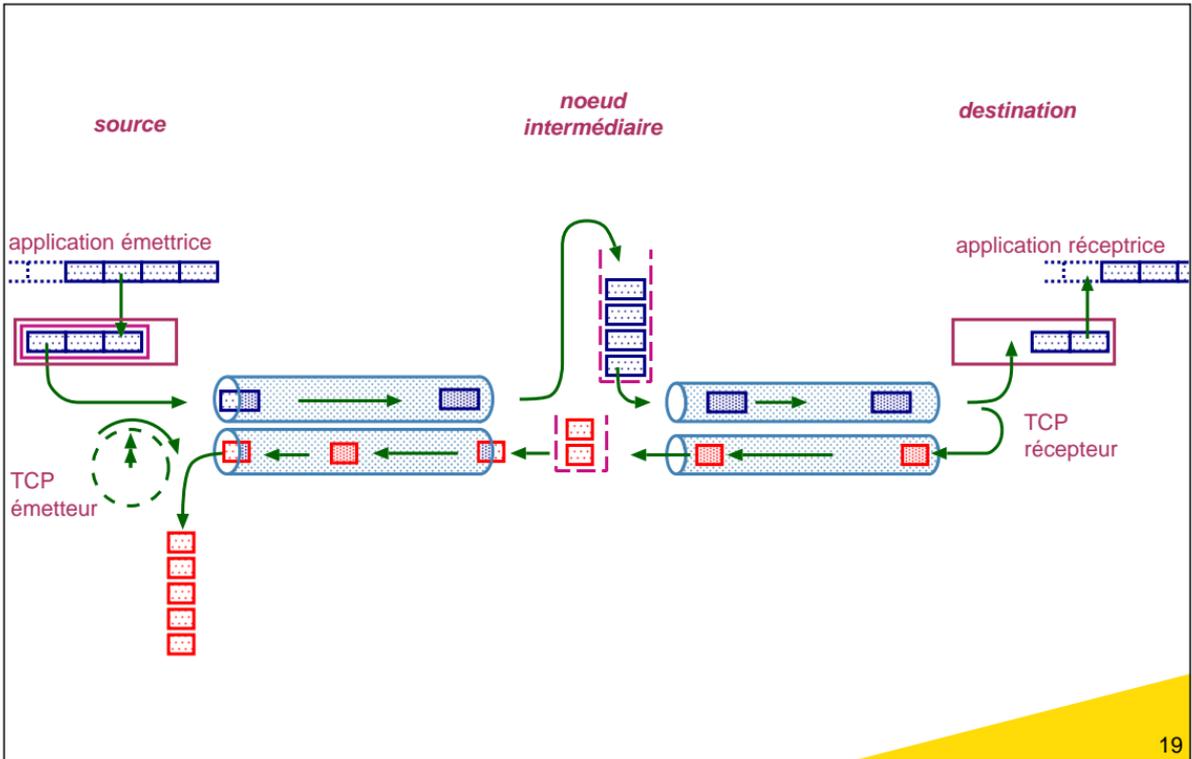
Contrôle des congestions



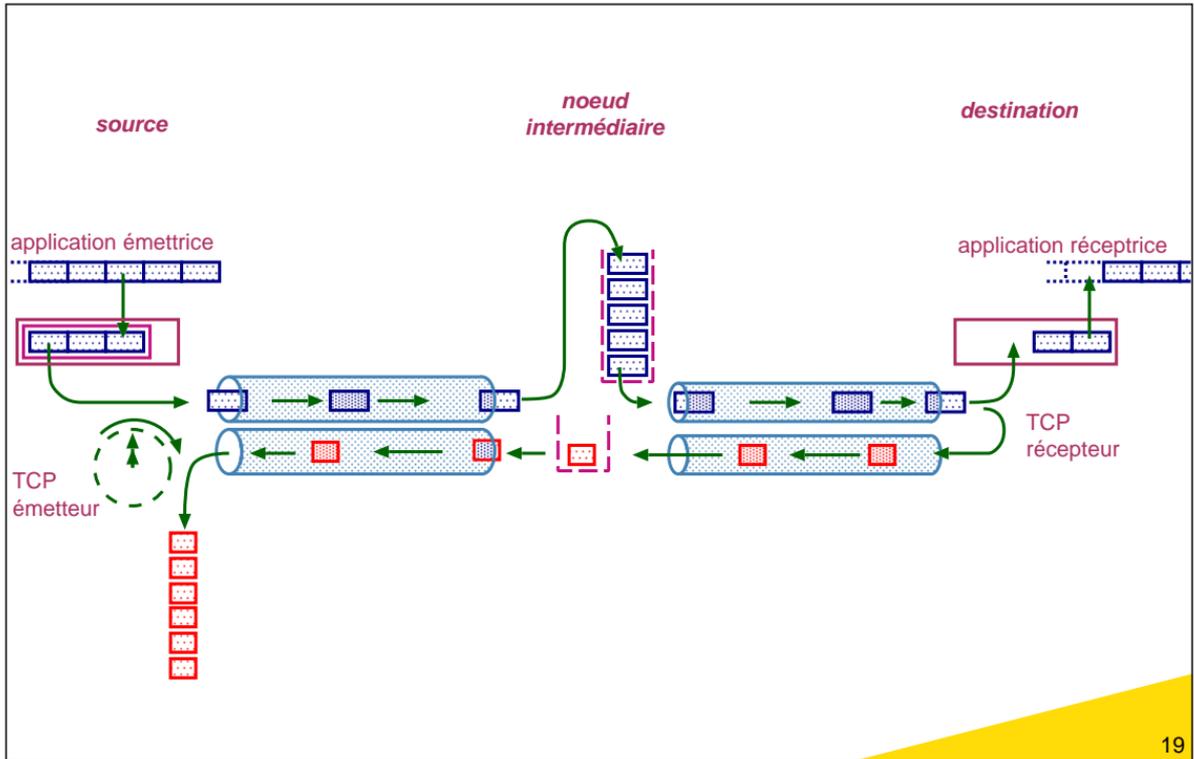
Contrôle des congestions



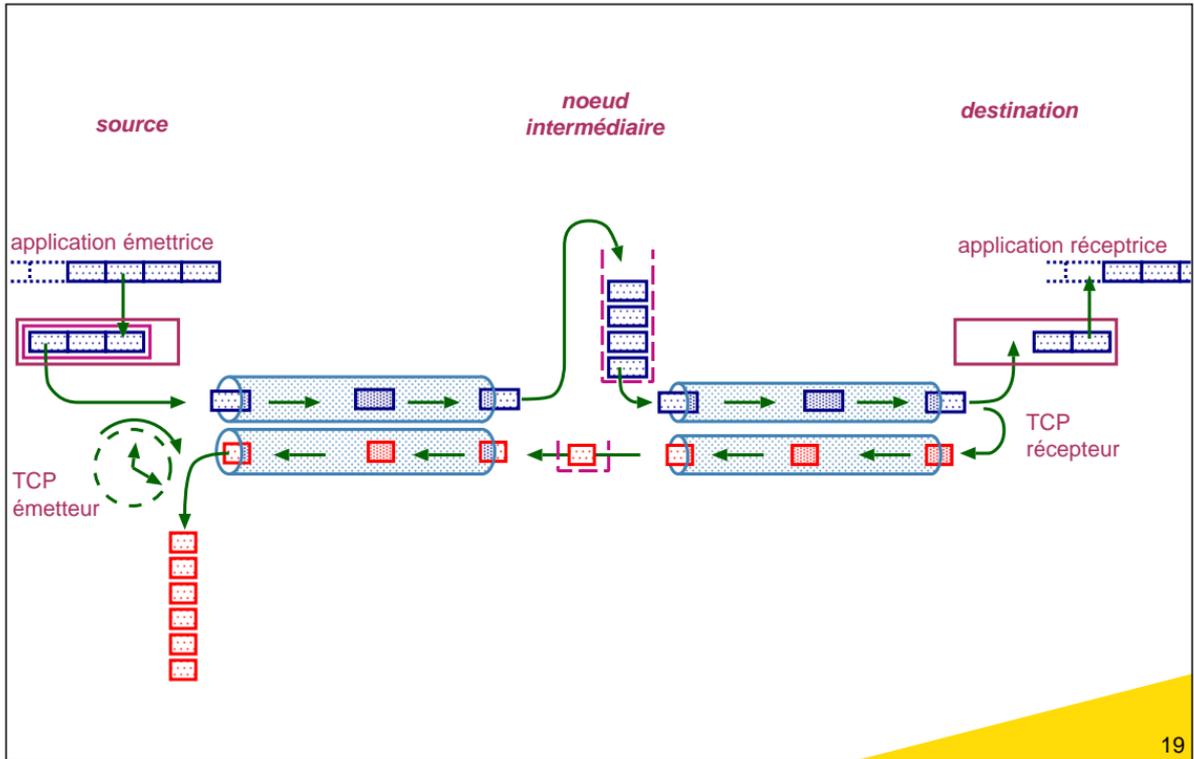
Contrôle des congestions



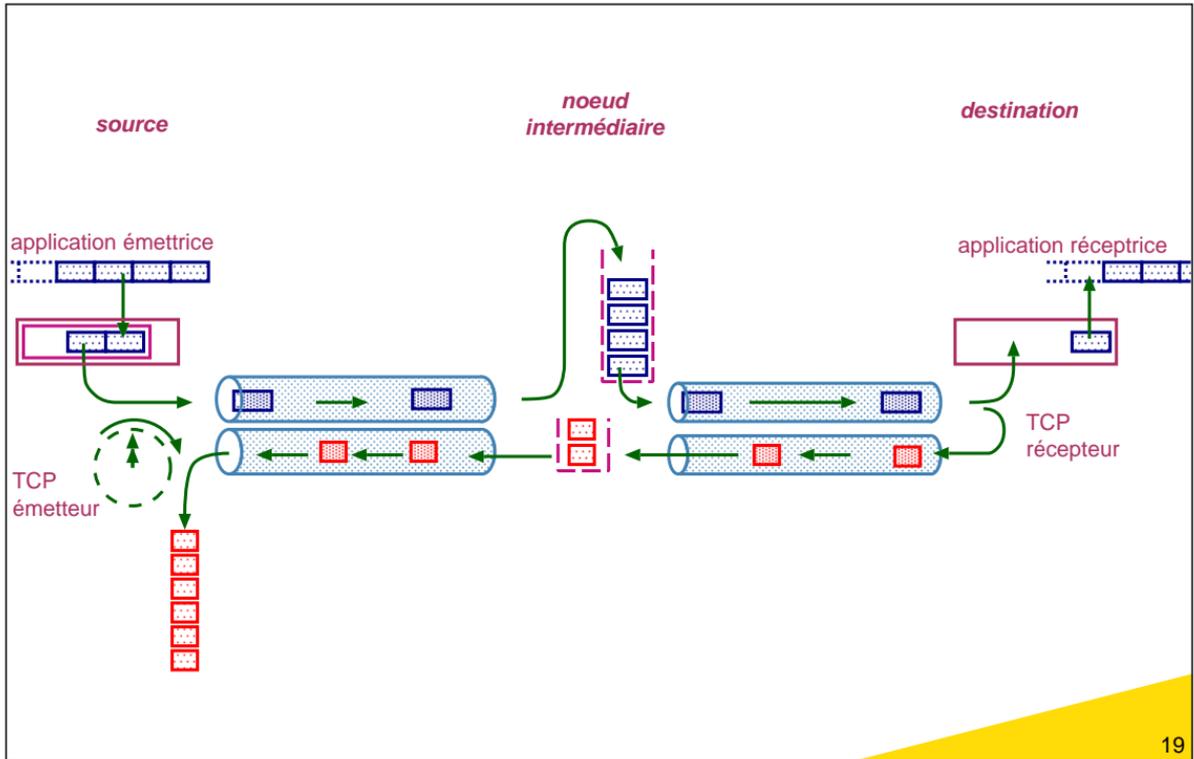
Contrôle des congestions



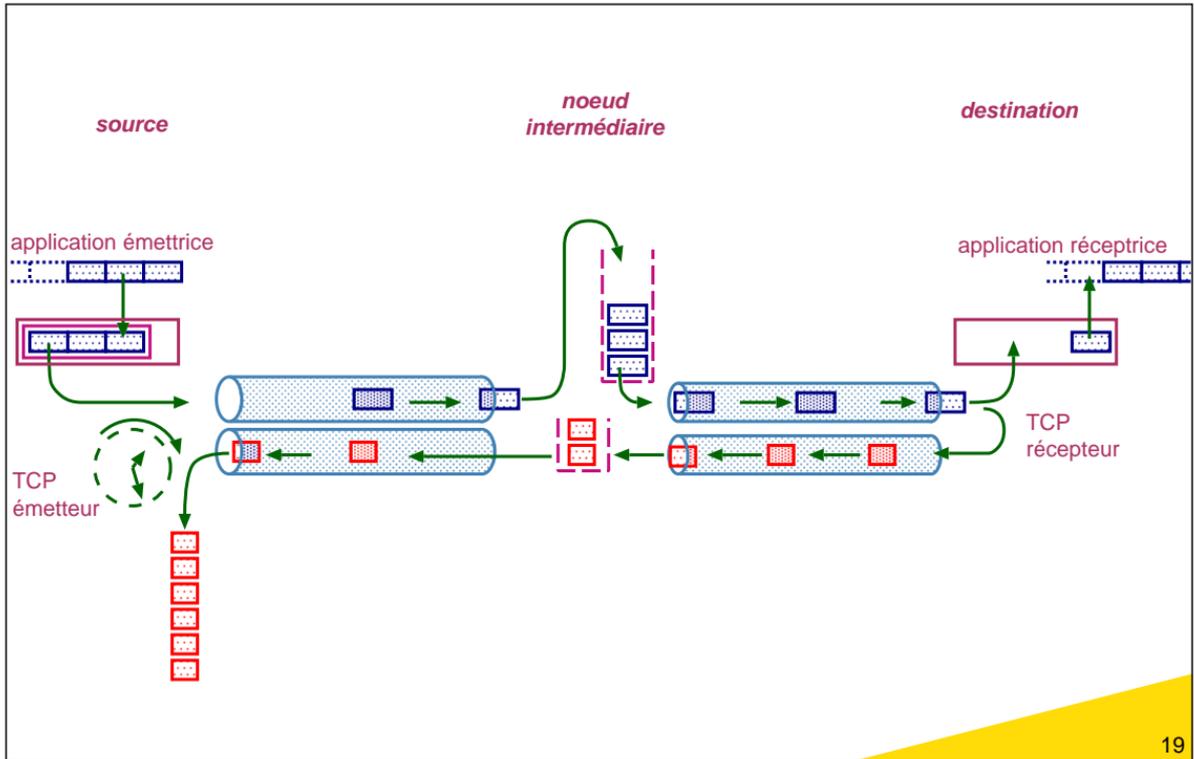
Contrôle des congestions



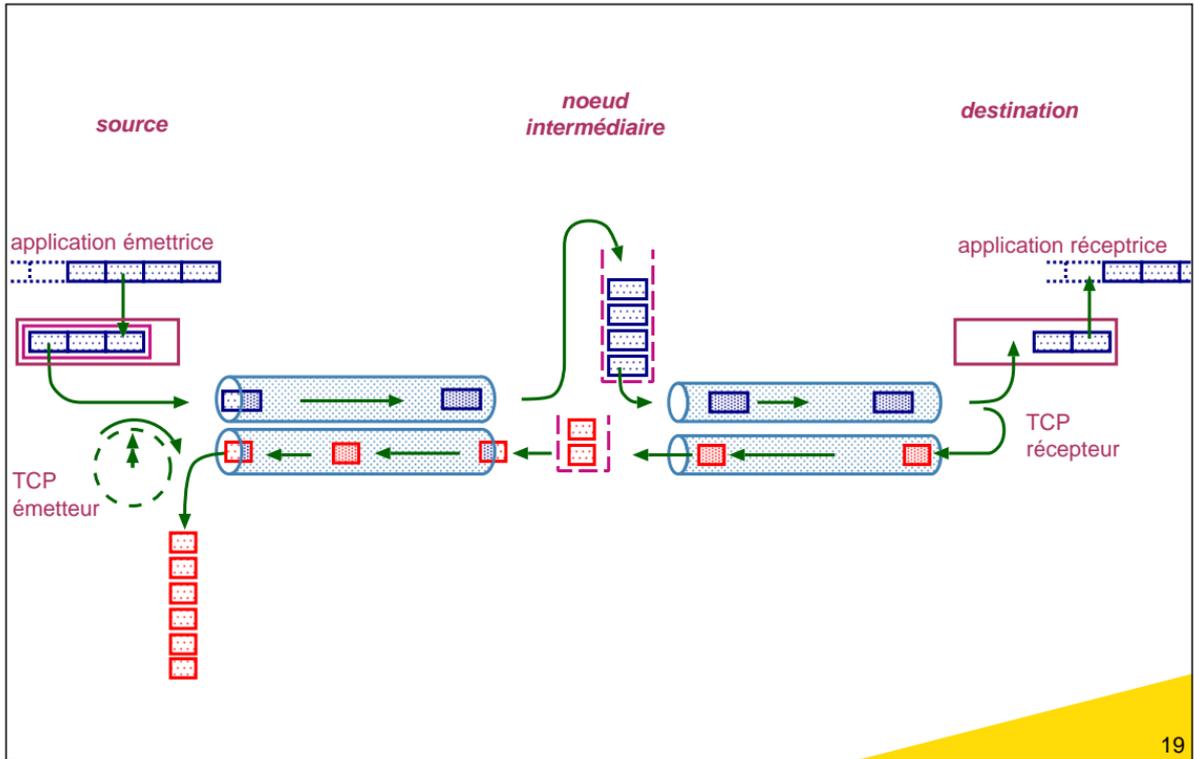
Contrôle des congestions



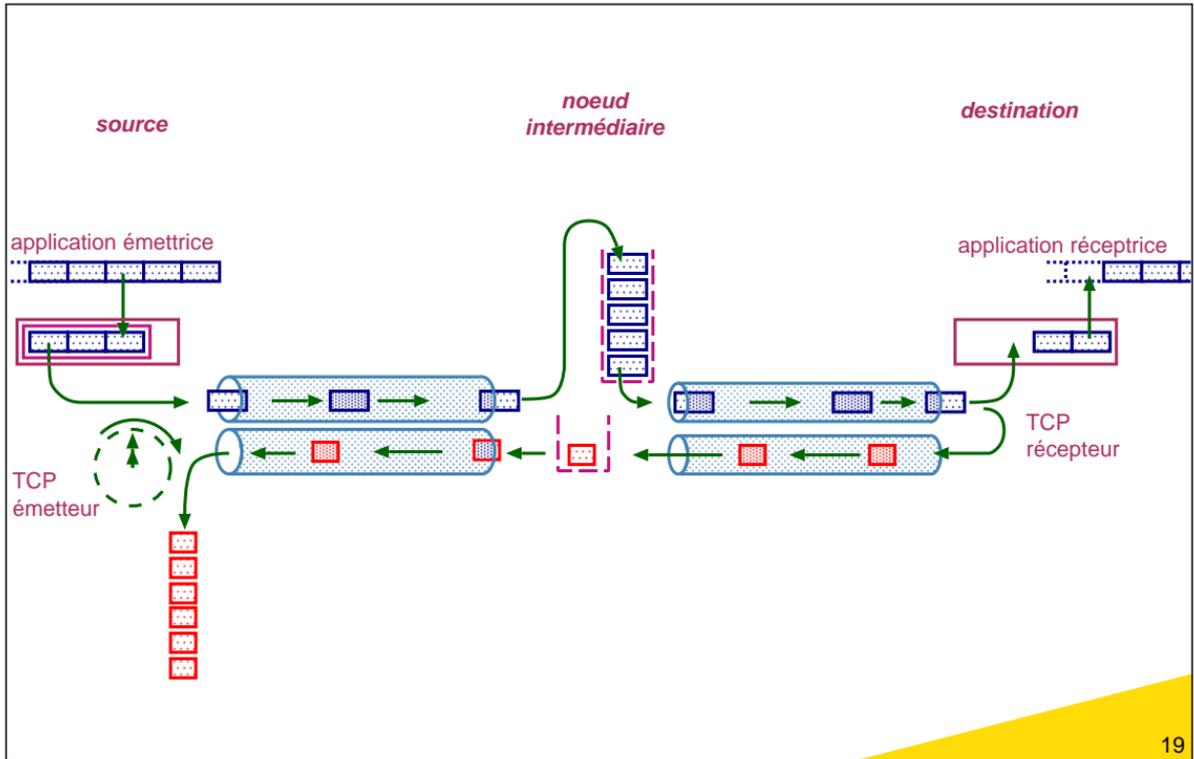
Contrôle des congestions



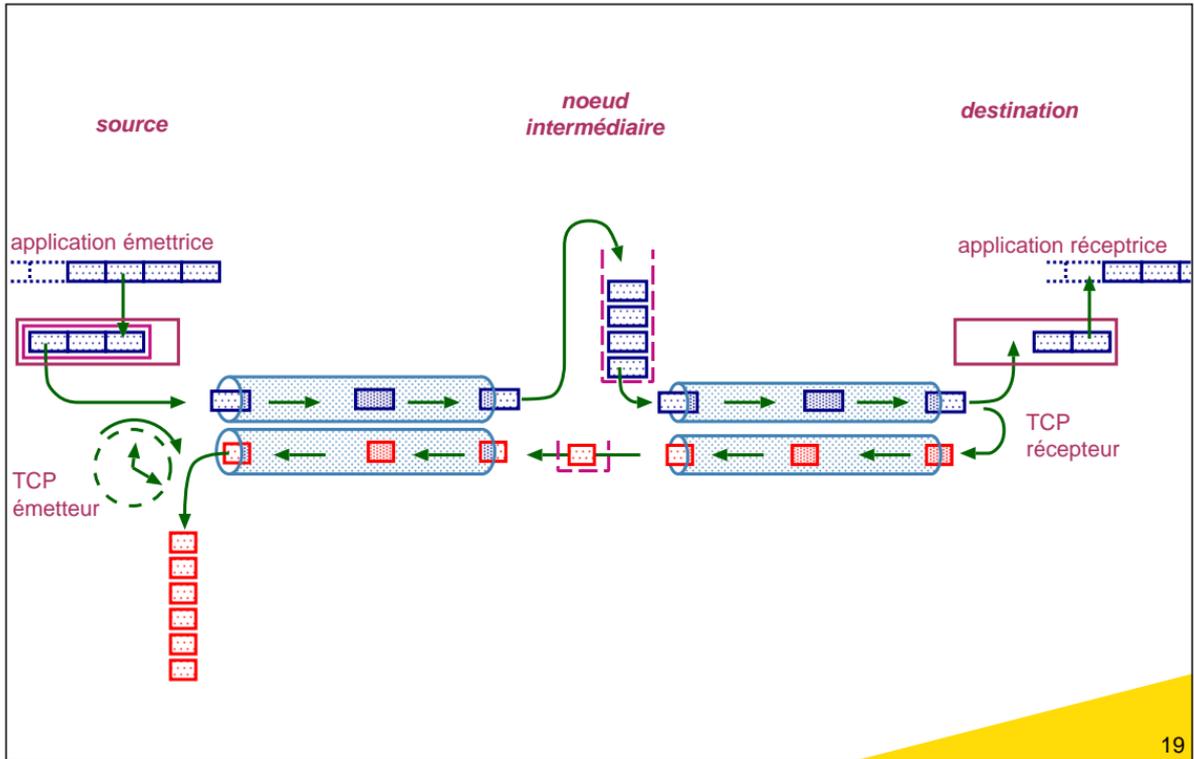
Contrôle des congestions



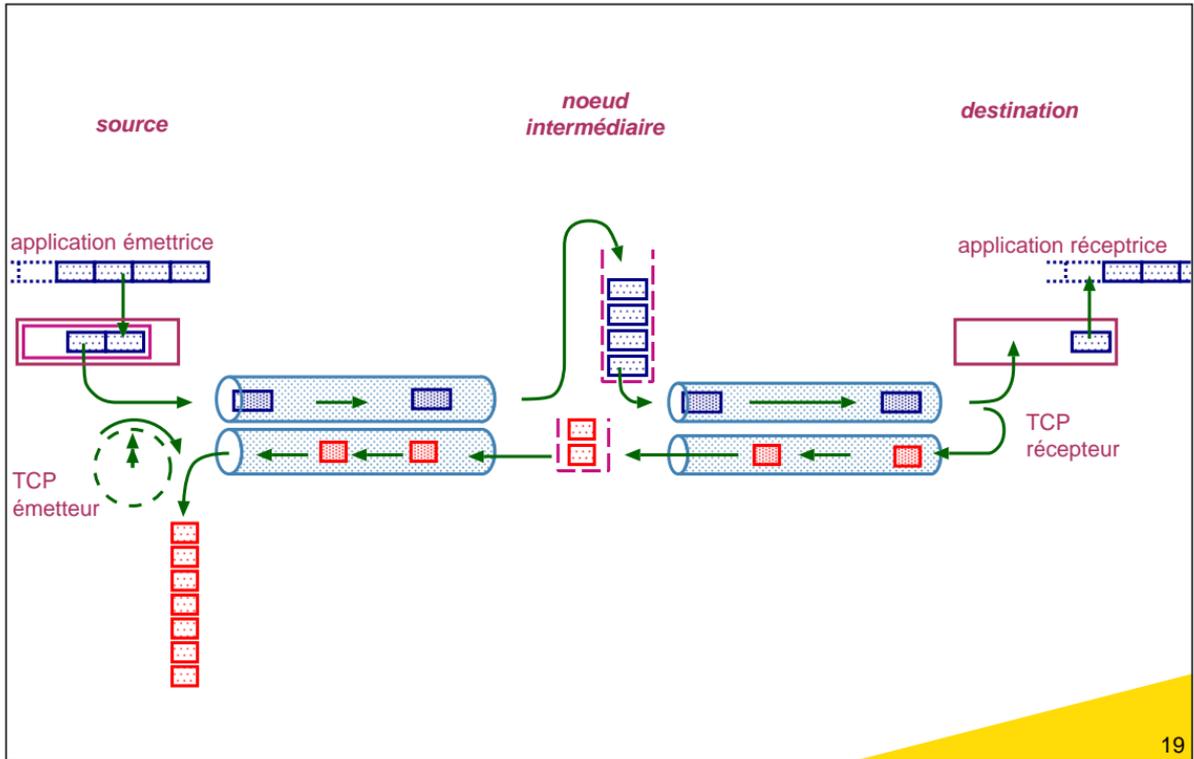
Contrôle des congestions



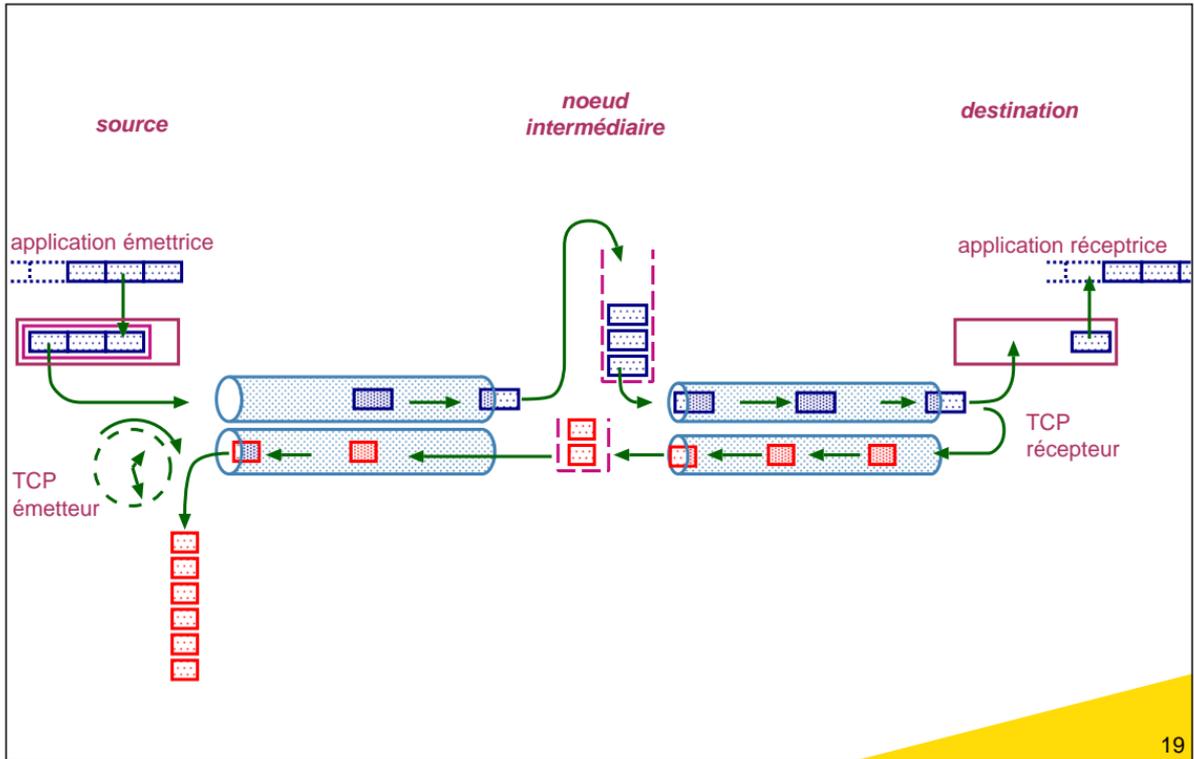
Contrôle des congestions



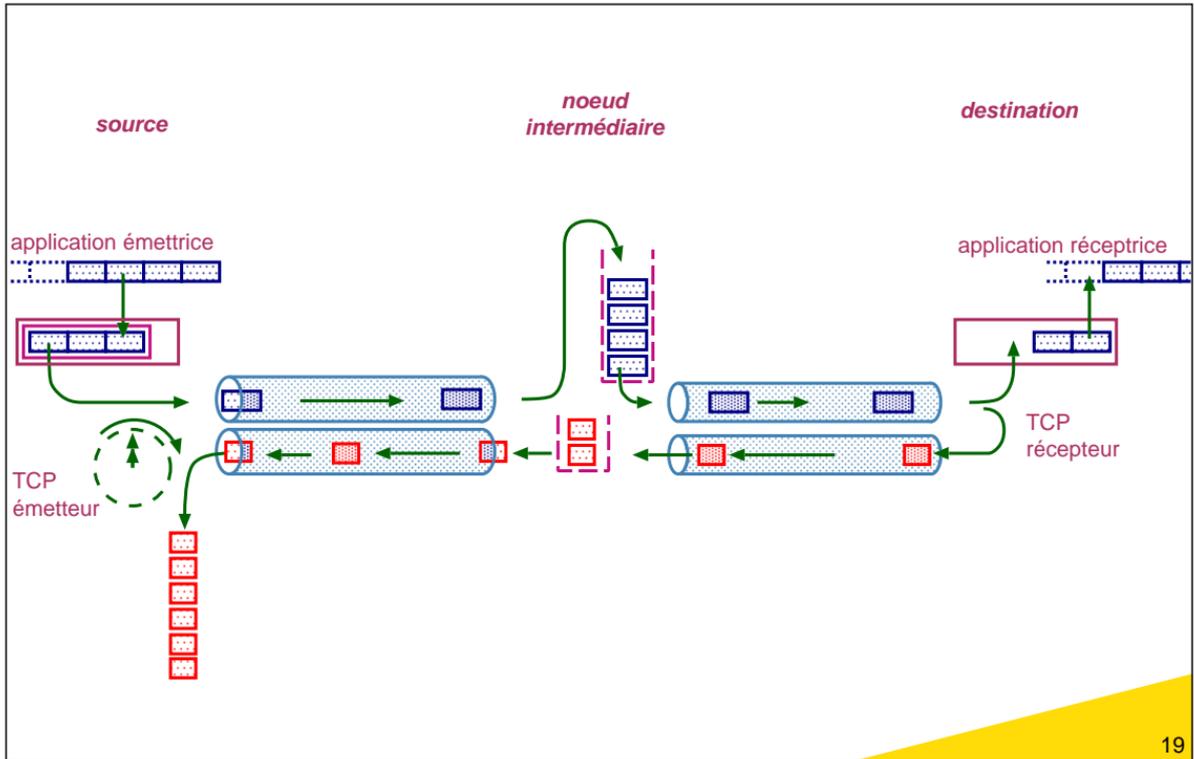
Contrôle des congestions



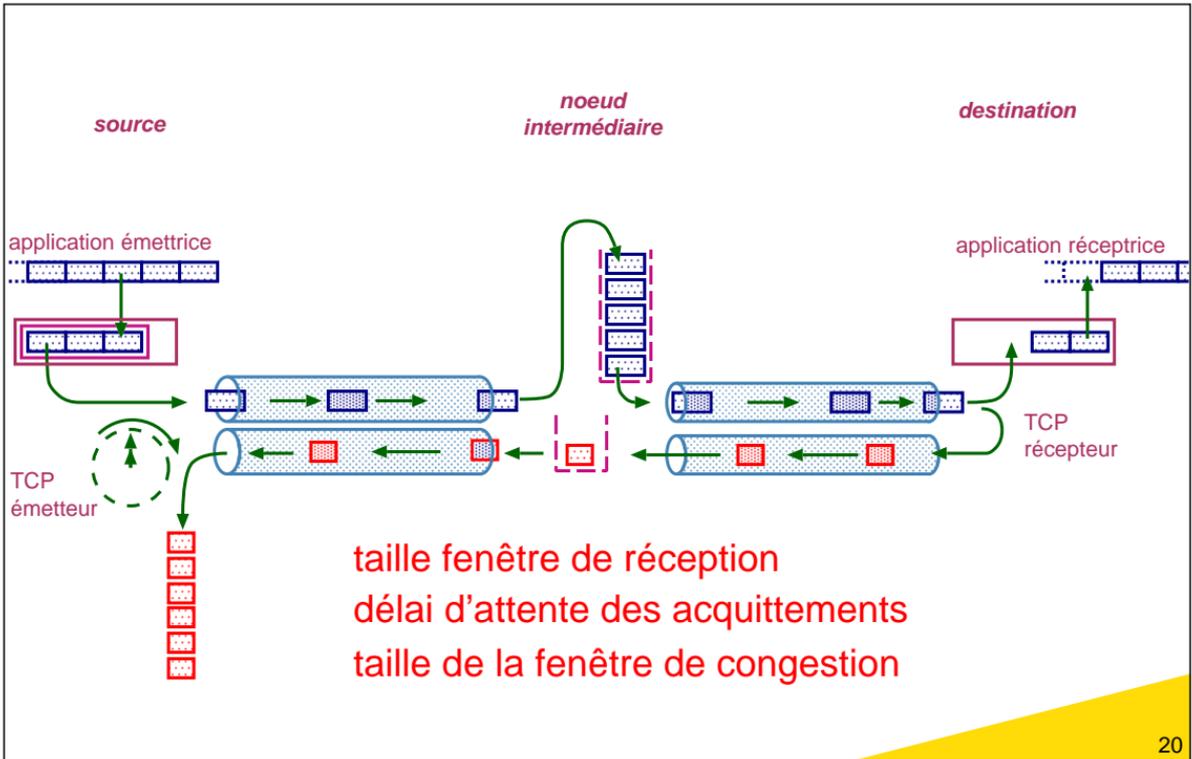
Contrôle des congestions



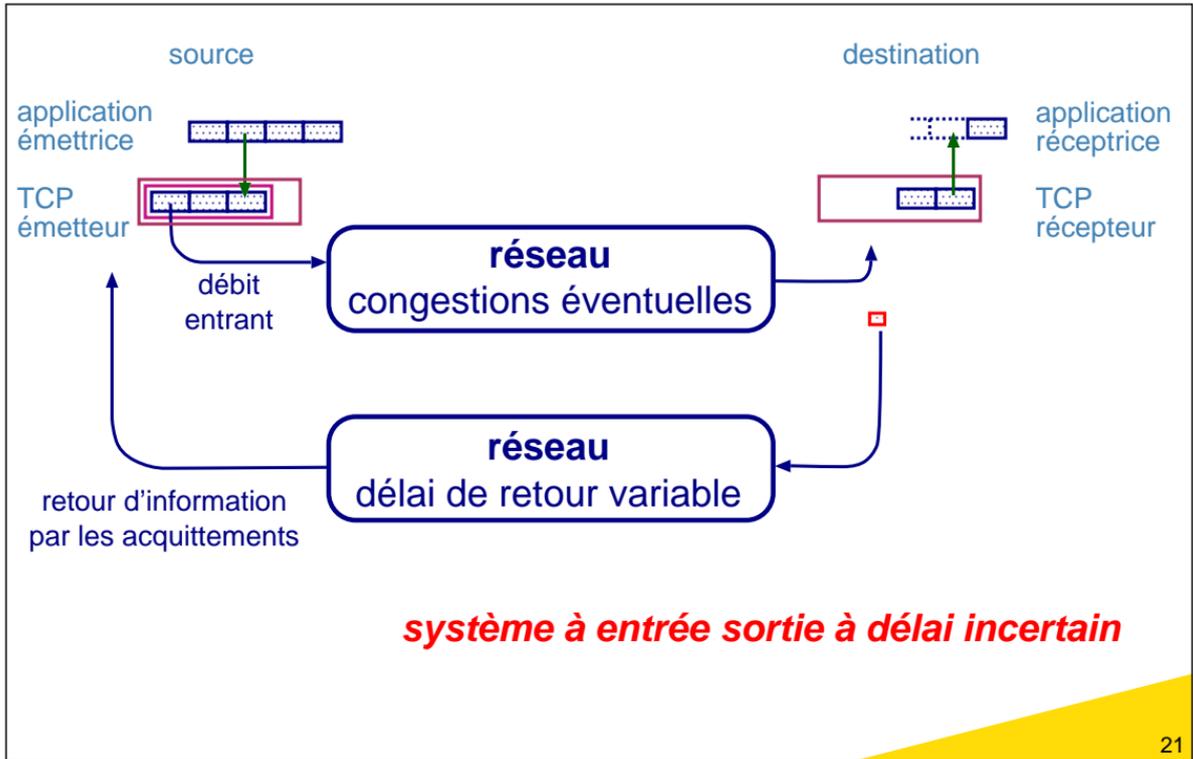
Contrôle des congestions



Contrôle des congestions



Contrôle des congestions



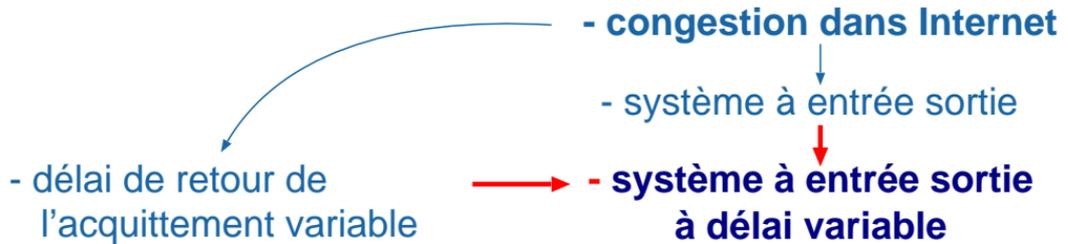
Congestions : conclusion

- congestion dans Internet

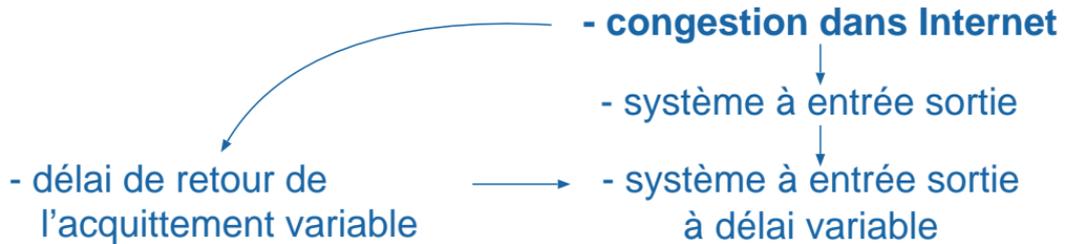
Congestions : conclusion

- délai de retour de l'acquittement variable
 - congestion dans Internet
 - système à entrée sortie
- 

Congestions : conclusion



Congestions : conclusion



applications

-meilleures estimations

taille fenêtre de réception et de congestion, délai d'attente des acquittements

- réaction plus efficace de l'émetteur face à une congestion

→ **meilleur débit utile**

Conclusion

- **Algorithmique des télécommunications**
 - Algorithmes assurant le transport de l'information
 - Offrir le meilleur service (disponibilité, rapidité)
 - Auto-régulation du réseau

Conclusion

- Algorithmique des télécommunications
- **Approche système**
 - Approche globale et multi-disciplinaire (automatique & informatique)
 - Modélisation adéquate
 - permettre la connexion entre disciplines
 - utiliser des résultats obtenus dans d'autres contextes

Conclusion

- Algorithmique des télécommunications
- Approche système
- **Action concertée incitative Jeunes Chercheurs**

B. Ducourthial, D. Nace, S. Niculescu, thèse de F. Chatté



- *Application de l'automatique à l'algorithmique des télécommunications*
- Modélisations préliminaires
- systèmes à entrée-sorties, à délais incertains

→ ***nouvelles perspectives***

Conclusion

- Algorithmique des télécommunications
- Approche système
- Action concertée incitative Jeunes Chercheurs

B. Ducourthial, D. Nace, S. Niculescu, thèse de F. Chatté



- Et demain ?

Conclusion

- Algorithmique des télécommunications
- Approche système
- Action concertée incitative Jeunes Chercheurs

B. Ducourthial, D. Nace, S. Niculescu, thèse de F. Chatté



- Et demain ?

autant de problème résolus
que de nouveaux problèmes posés

la fonction crée le besoin

nombreuses perspectives
dans la recherche en réseaux