Politiques de gestion de coûts de transit dans l'Inter domaine basé sur BGP

Loubna ECHABBI

Dominique BARTH, Lélia BLIN, Sandrine VIAL

Laboratoire PRiSM, Université de Versailles

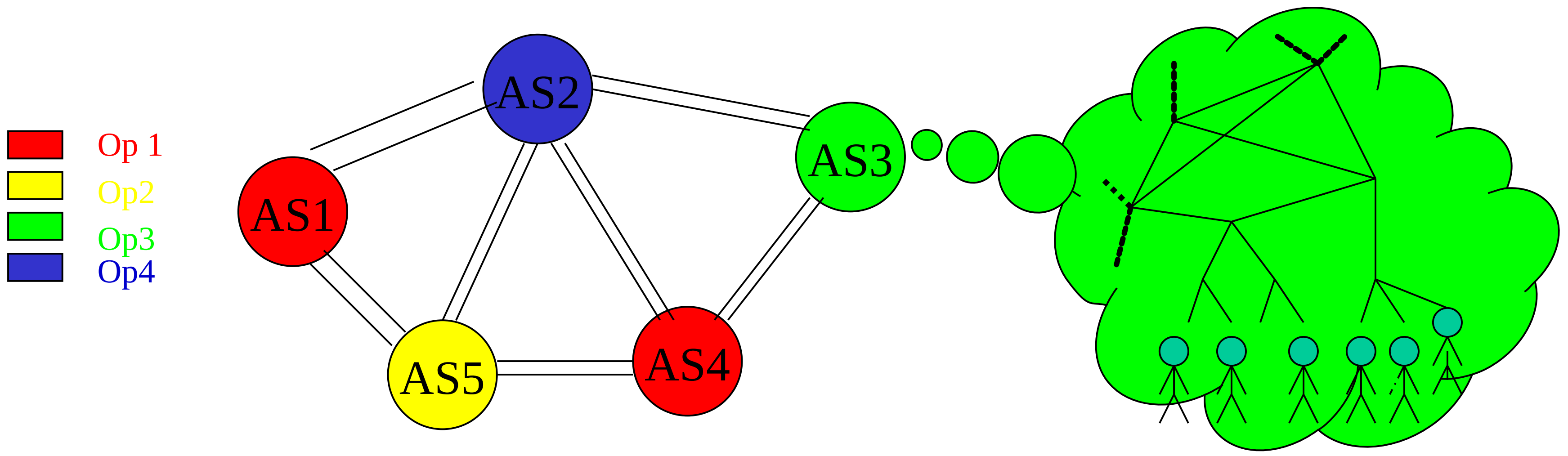
Laboratoire LAMI, Université d'Evry

Journée Francilienne de recherche Opérationnelle

UNIVERSITÉ DE VERSAILLES SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES

Cadre du travail: l’Inter-domaine

Réseau d’AS (Systèmes Autonomes) interconnectés



Objectif: Gestion stratégique des coûts de transit

Prise en compte des coûts dans le routage

Modélisation du réseau des AS

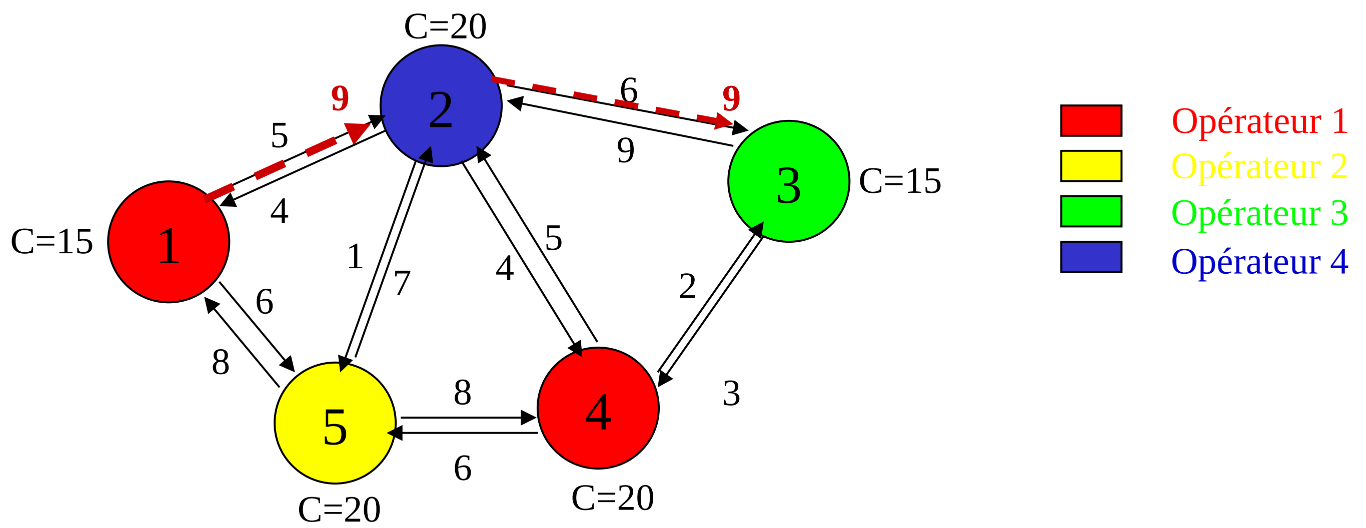
Données:

- Réseau modélisé par un graphe coloré G (V,E).
- Noeud = AS, couleur = opérateur.
- Chaque nœud est pondéré par sa capacité c.
- Les liens sont de capacités illimitées
- Estimation de la matrice de trafic T fixe.

Objectif: Étude de l'interaction entre différentes stratégies de fixation de prix et de la stabilité du système.

Hypothèses: Matrice de trafic et de prix connus mais chaque AS ne disposent que des informations locales.

Exemple



$$P=\begin{pmatrix} 0 & 6 & 2 & 5 \\ 8 & 0 & 0 & 7 \\ 3 & 0 & 0 & 9 \\ 4 & 1 & 6 & 0 \end{pmatrix}$$

$$T=\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 9 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Hypothèse: Politique du routage=coût min

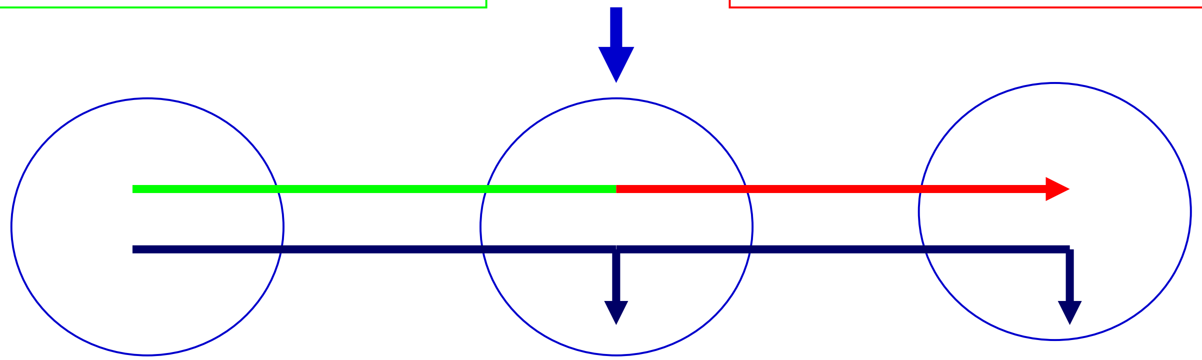
Pas de filtres.

Coût d'un opérateur (AS)

Paiement qu'il recoit pour prendre un trafic en transit en charge

−

qu'il offre à ses voisins pour le renvoyer à sa destination



Pénalités:

éviter trafic entrant >> capacité (congestion)

Modélisation mathématique

$I_{(u,v)}(m,n)$ indique si l’arête (u,v) appartient au chemin BGP entre m et n

Op(i) est l’opérateur de i

AS(o) est l’ensemble des AS appartenant à o

$$In(v,u) = \sum_{\substack{x,y \in V \times V \\ y \neq x}} I_{x,y}(v,u) \times P[o, Op(v)] \times T[x,y]$$ est le trafic entrant

$$Out(u,v) = \sum_{\substack{x,y \in V \times V \\ y \neq x}} I_{x,y}(u,v) \times P[Op(v), o] \times T[x,y]$$ est le trafic sortant

$$C_T(o) = \sum_{u \in AS(o)} \left(\sum_{v \in N_G(u)} (Out(u,v) - In(v,u)) \right)$$ est le coût de l’opérateur

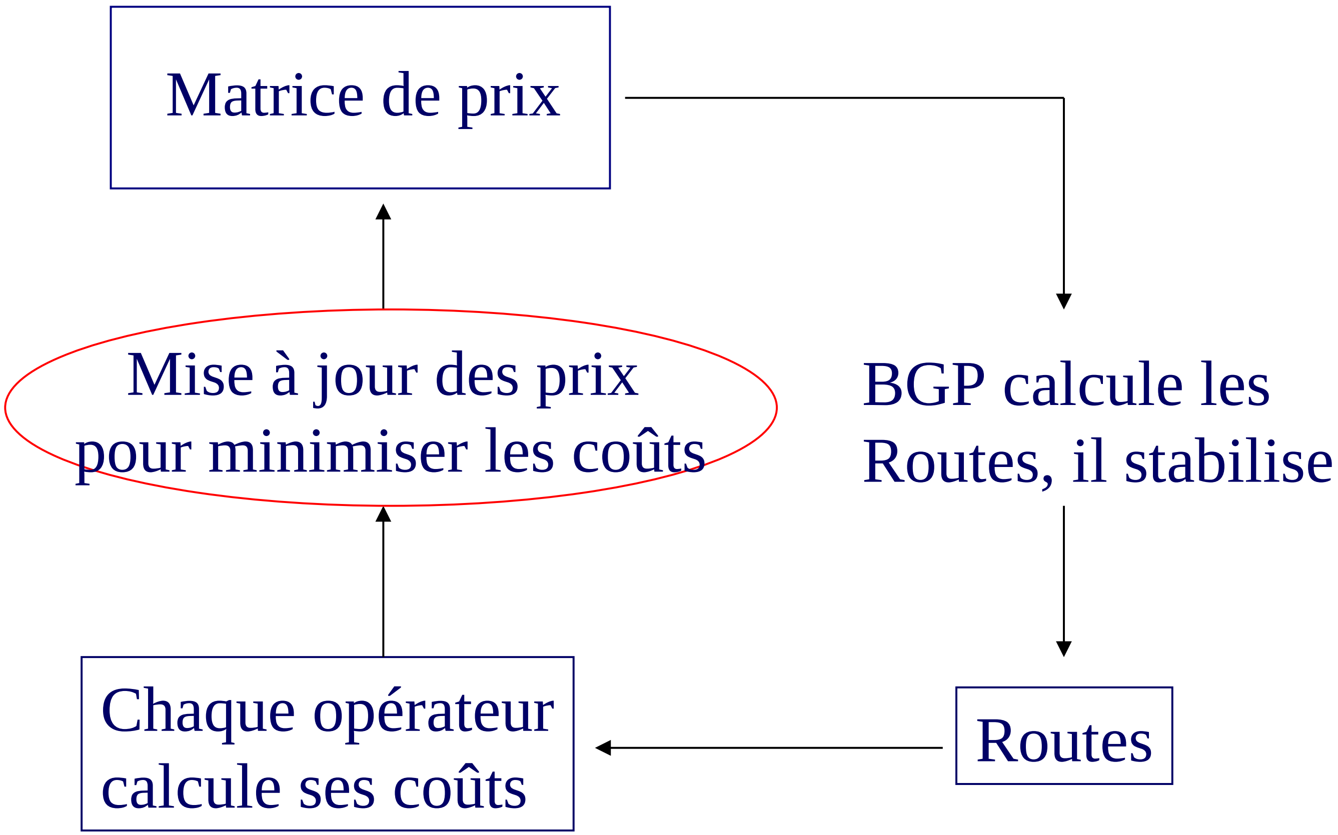
Modélisation de la pénalité

Le trafic total de u: $$Q(u) = \left(\sum_{v \in N_G(u)} \left(\sum_{\substack{x,y \in V \times V \\ y \neq u}} I_{x,y}(v,u) \times T[x,y] \right) \right) + \left(\sum_{w \in V} T[u,w] + T[w,u] \right)$$

La pénalité associée à u: $$\Pi(u) = (Q(u) - cap(u))^{+}$$

Le coût total de o: $$Cost(o) = C_T(o) + \lambda \times \Pi(o)$$

Notre objectif …



Éléments de théorie des jeux

- Chaque opérateur est un joueur.
- La stratégie de l'opérateur i est son vecteur de prix.
- L'information est locale et incomplète puisque les gains sont liés aux routes calculés par BGP

=> impossible de détecter une stratégie dominante.
⇒ Difficile de caractériser un équilibre de Nash.
⇒ Jeu répété (multi-étape) jusqu'à un certain « équilibre »

Objectif: Définir des stratégies pour la mise à jour des prix
Définir des critères de satisfaction (l'équilibre)
Étudier la convergence du jeu (la stabilité du système)

Processus de stabilisation des prix

• Une instance de départ (G,T, P°, R°)
• Un processus stratégique *P* est défini par un ensemble de stratégies adoptées par les opérateurs.
• Chaque stratégie consiste soit à mettre à jour ou garder les prix de l'instance précédente.
• Si certains prix ont changés de nouvelles routes sont calculés.

•On dit d'un processus stratégique qu'il est stabilisant si à partir de n'importe quelle instance (matrice de prix et trafic initiale) on converge vers une configuration fixe (matrice de prix).

Processus stratégiques particuliers

Cas d’un AS par opérateur

Si $\left(\sum_{w \in N_G(u)} In(w,u) - Out(u,w) \right) - \lambda \times \Pi(u) \geq 0$ Pas de changement

Sinon $P^{i+1}[Op(u), Op(v)] = \tau_{u,v} \times P^{i}[Op(u), Op(v)]$

Avec:
$$\tau_{u,v} = \begin{cases} \bullet\ Max\left(1, \dfrac{Out(u,v) + \lambda \times \frac{Int_f(v,u)}{Int_f(u)} \times \Pi(u)}{In(v,u)}\right) \\ \qquad \text{if } In(v,u) > 0 \\ \bullet\ \mu \quad \text{if } In(v,u) = 0 \end{cases}$$

Plusieurs AS par opérateur

Opérateur o

AS= AS_avec_transit U AS_sans_transit

Benefice sur
AS_avec_ transit positif

On ne change pas les prix

Perte sur
AS avec_ transit positif

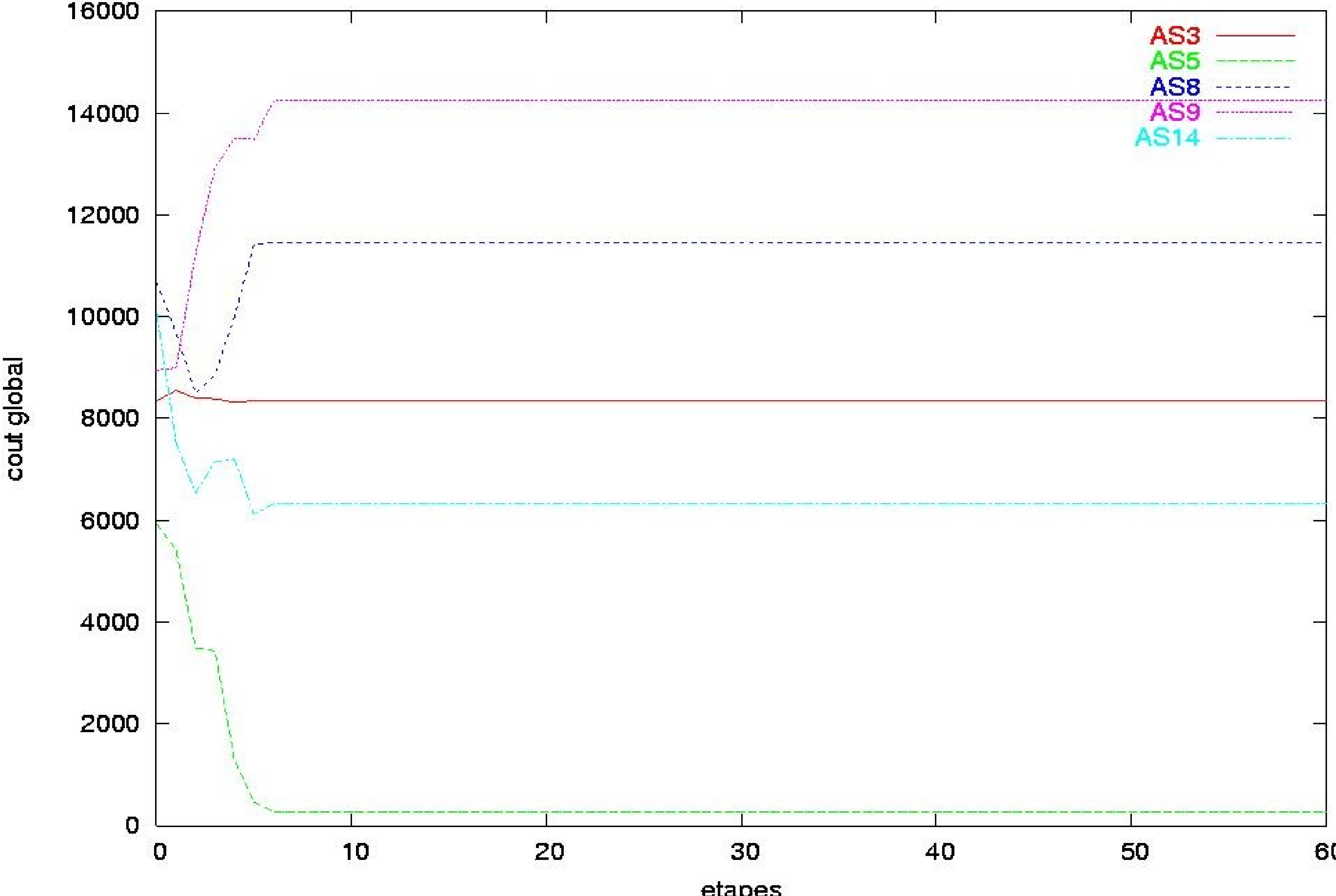
AS avec_ transit

Augmente leurs prix

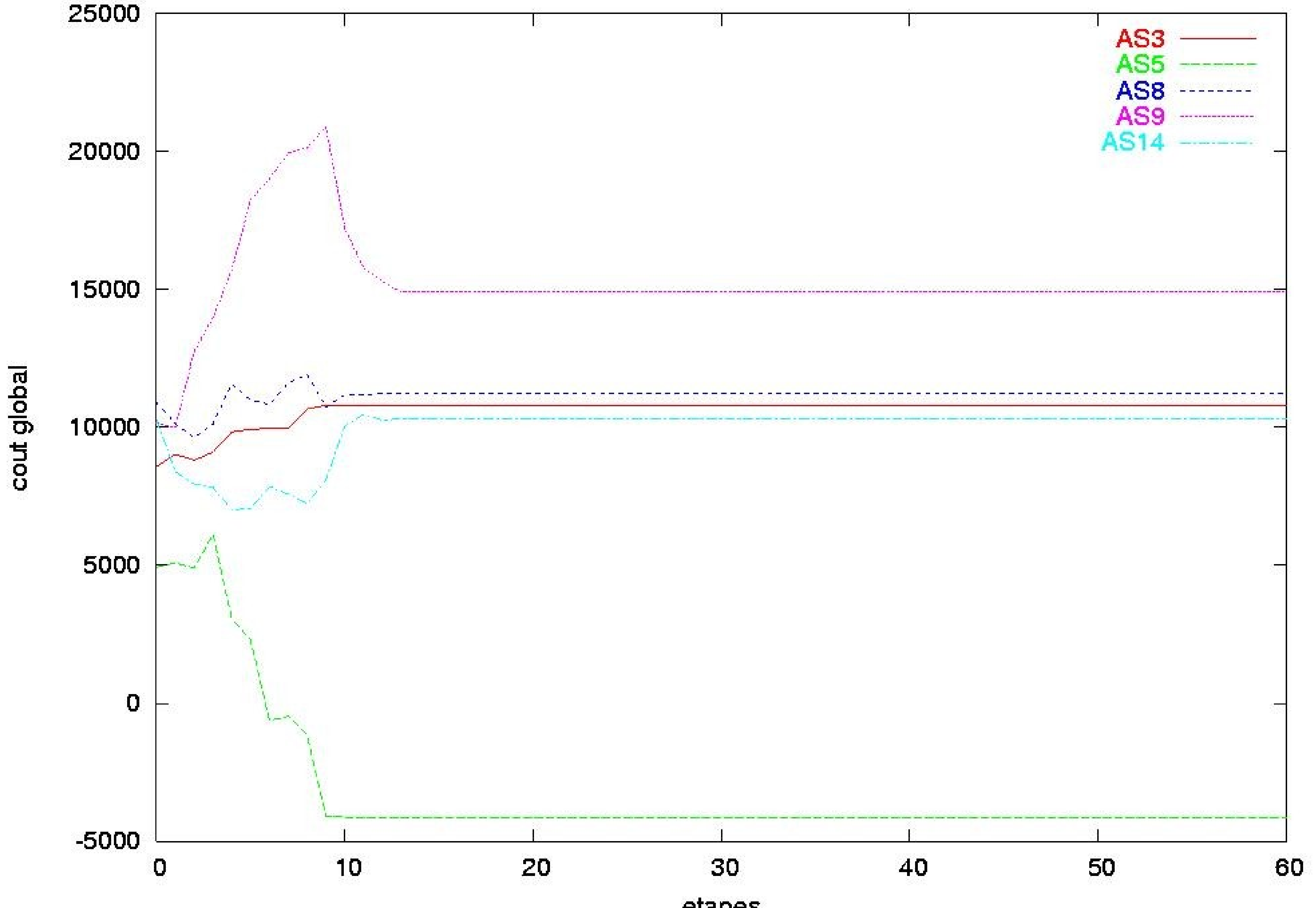
AS_sans_ transit

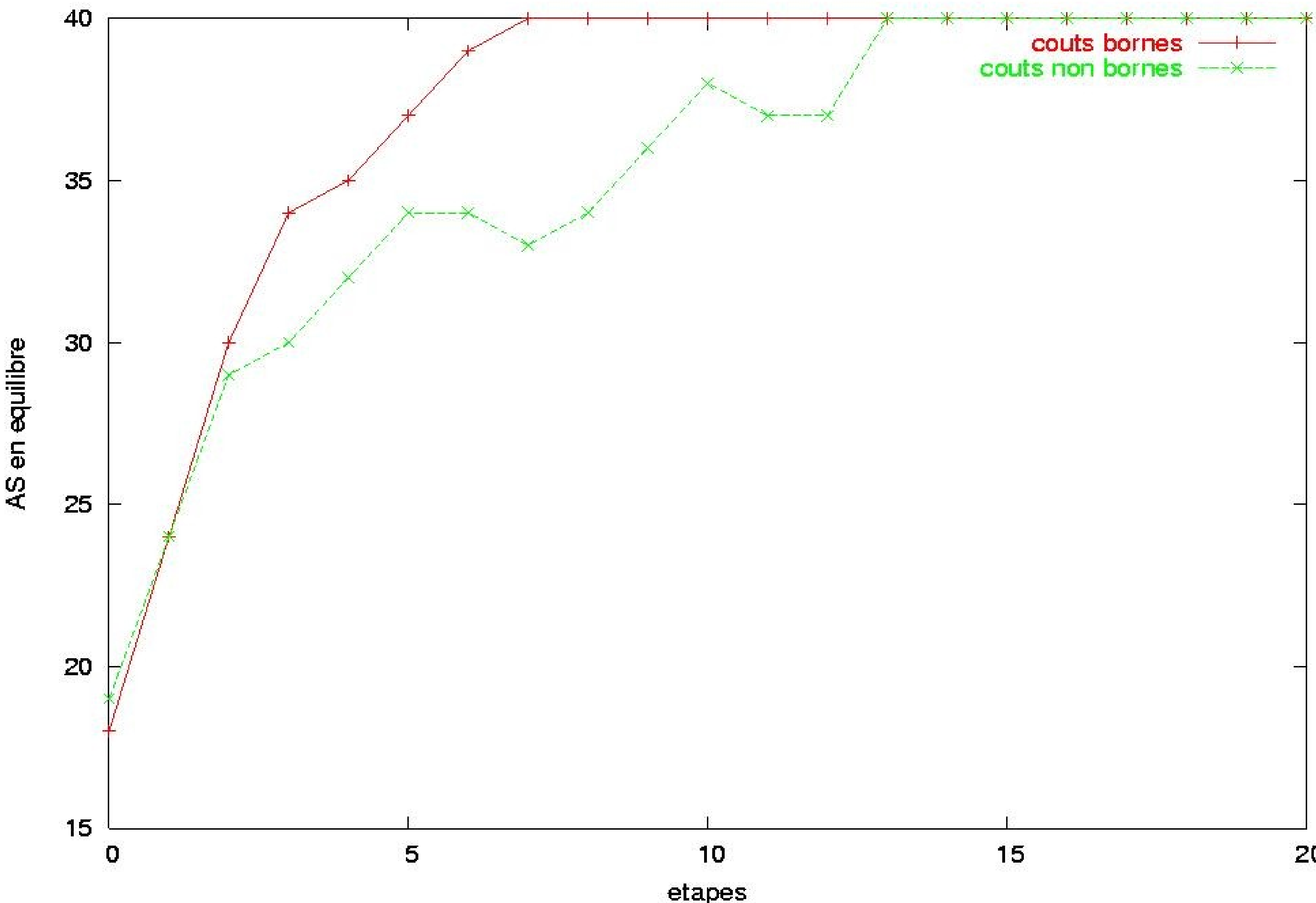
réduisent leurs prix

Stratégie (1,0) coûts bornés



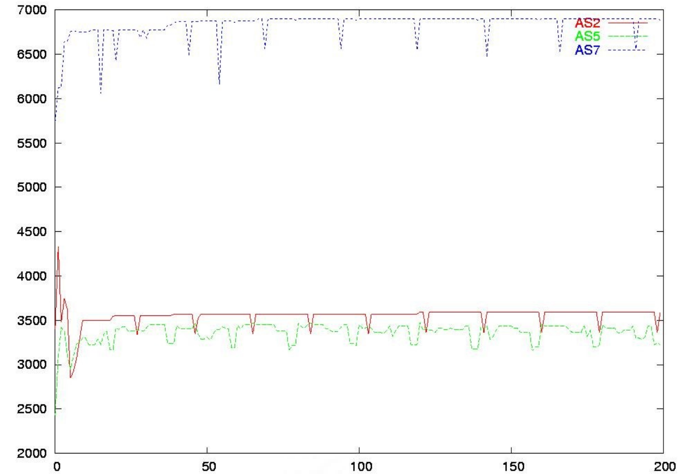
Stratégie (1,0) coûts non bornés



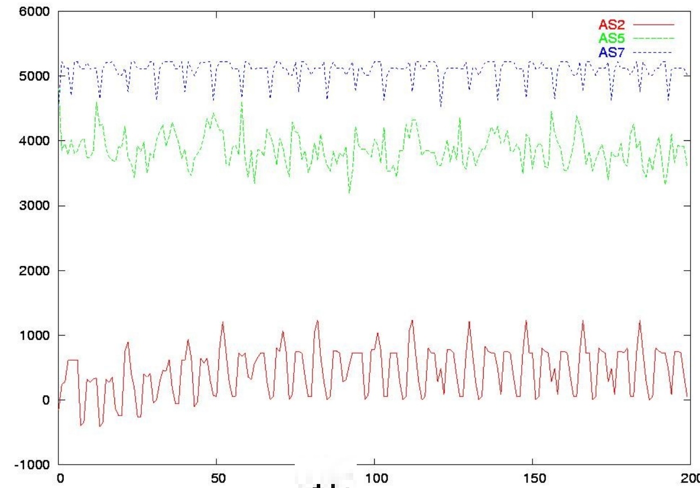


AS en equilibre
etapes
couts bornes
couts non bornes
0
5
10
15
20
15
20
25
30
35
40

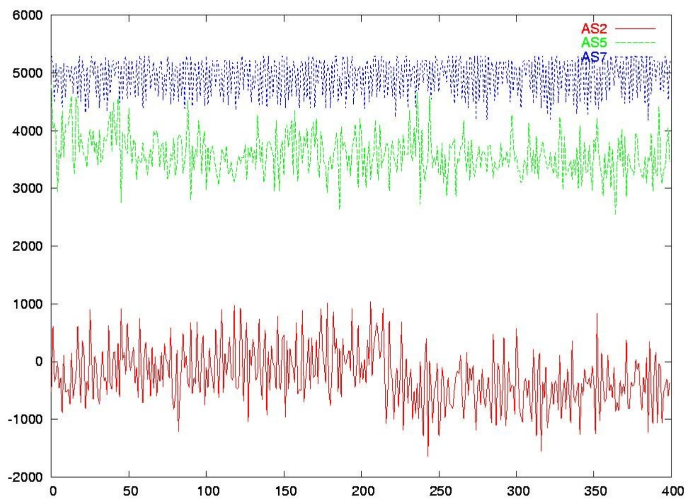
Stratégie μ ,0



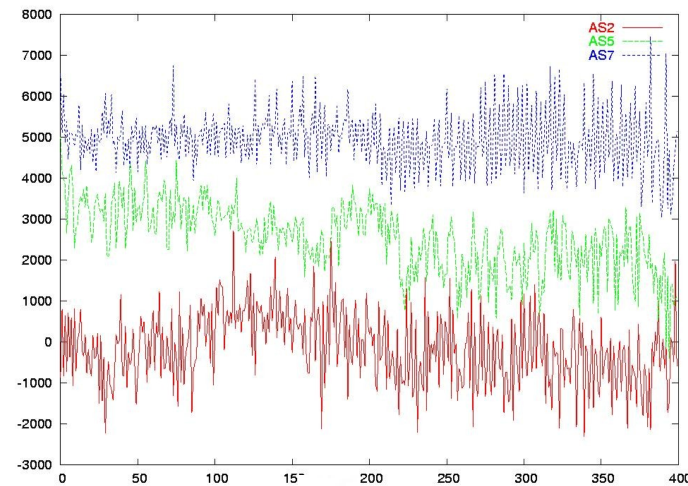
μ =0.9



μ =0.8

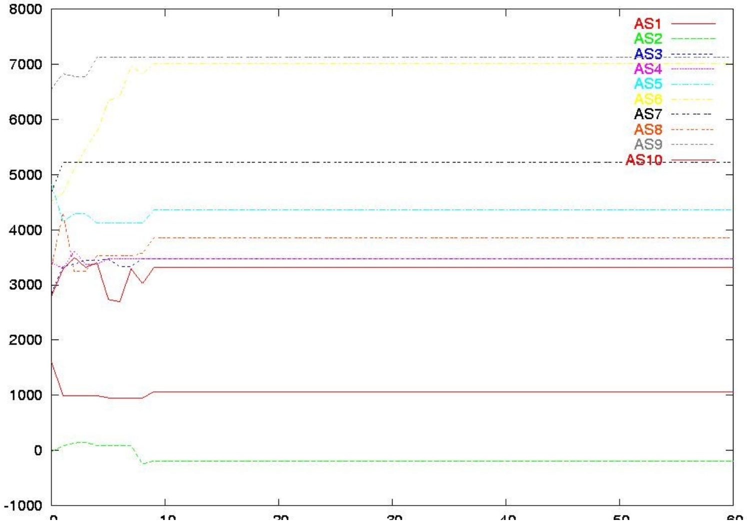


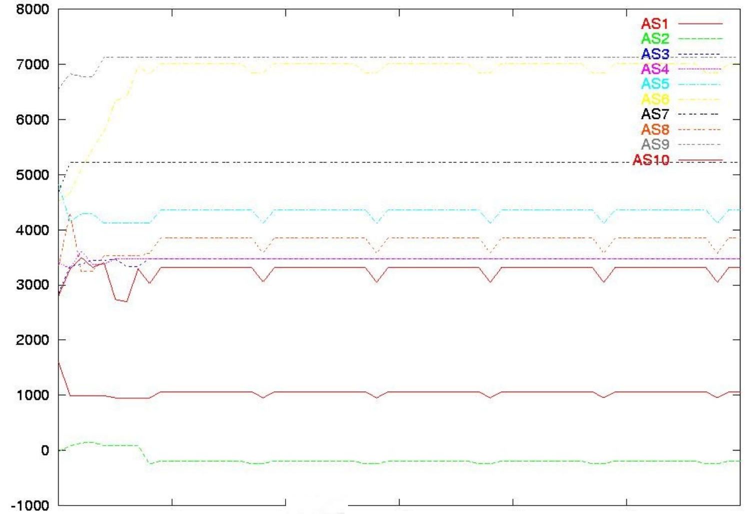
μ =0.5



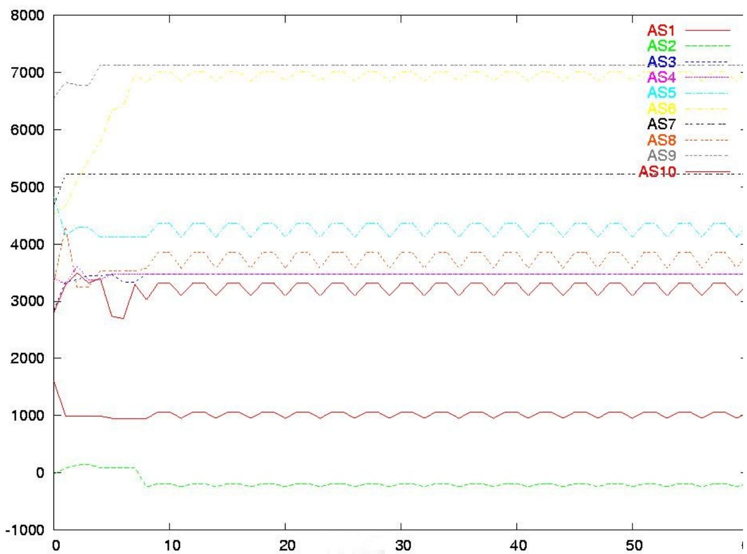
μ =0.3

Opérateur malicieux: AS10

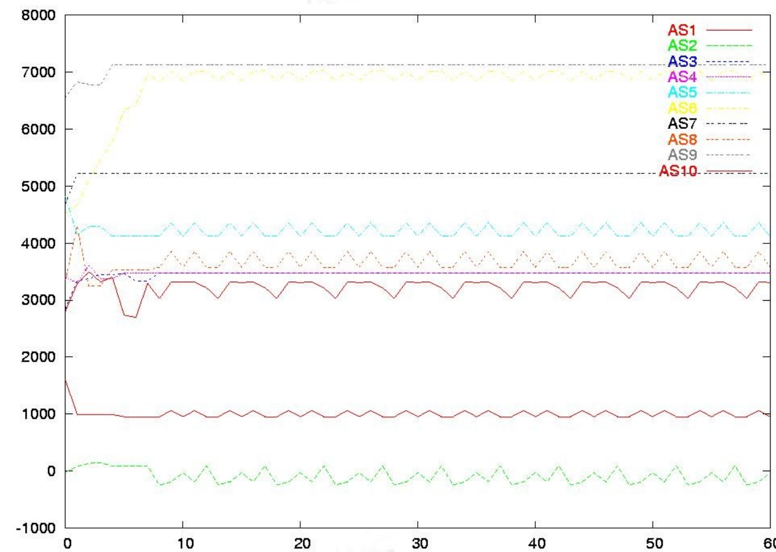




μ =0.9

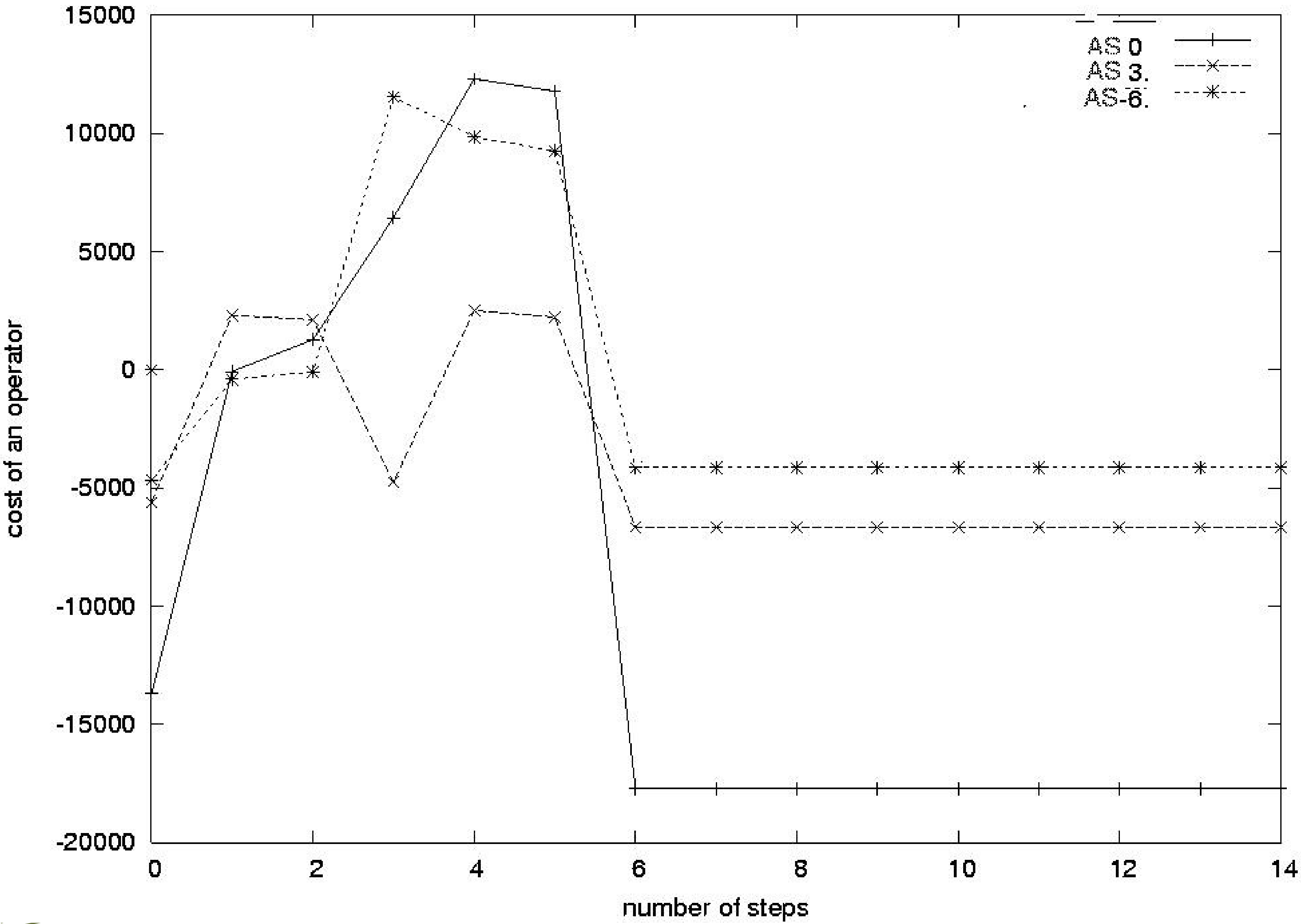


μ =0.6



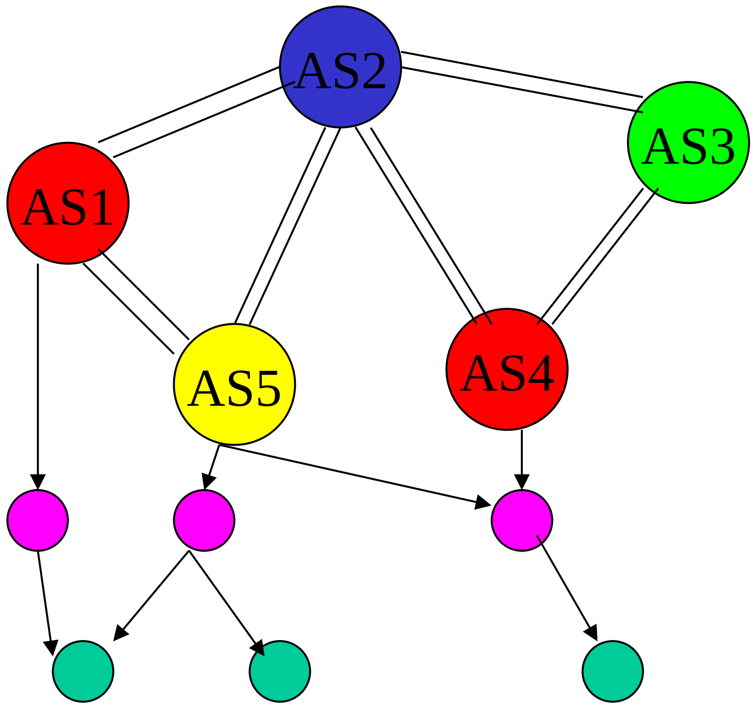
μ =0.3

Stratégie (4,0) (avec pénalités)



Travail en cours …

- Étudier le comportement théorique du modèle
- Étendre le modèle aux couches inférieures



Merci …