

# Master 1 Informatique

## FMIN 210 SQR

### 1 Exercice 1 (Question d'examen)

On considère le processus d'arrivées de clients suivant :

- 25 clients successifs arrivent toutes les 40ms,
- une pause de 300 ms a lieu,
- une autre rafale de 25 clients arrive, et ainsi de suite.

1. calculer le débit moyen et le débit crête en clients/s.
2. Le processus en question est constitué d'images pour une application vidéo distribuée. On suppose que le premier des 25 clients de chaque rafale est un paquet de 10 Ko, et que les suivants sont des paquets de 250 octets. Quel est le taux d'arrivée moyen d'information, mesuré en octets par seconde ?
3. On suppose que le processeur qui exécute l'application a besoin de  $50 \mu s$  pour décoder et afficher un octet. Le processeur est-il assez puissant pour traiter toute l'information ? Quel est son taux de charge ?
4. En imaginant qu'une image doit être entièrement calculée pour être affichée, décrire le processus d'affichage des images.

### 2 Exercice 2

Une source ATM envoie une cellule de 53 octets toutes les  $500 \mu s$ .

1. Quel est le débit de la source ?
2. Une source a négocié une connexion avec un débit maximum (PRC) de 50Kb/s jusqu'à la destination. Un routeur sur le circuit virtuel contrôle le respect de ce débit par la source. Quelle est théoriquement la durée minimum,  $\Delta t$ , entre 2 cellules émises par la source ?
3. On utilise la politique suivante :le routeur qui contrôle la source, détruit une cellule s'il constate que deux cellules de la connexion sont séparées de moins de  $\Delta t$  secondes. En utilisant cette politique peut-on supprimer des cellules à une connexion même si la source respecte son contrat ? Pourquoi ?
4. Dans un réseau ATM une cellule met au minimum 120ms pour aller de A vers B et moins de 10 pour cent des cellules mettent plus de 200ms. A émet une cellule toute les  $30 \mu s$  vers B. La connexion est acceptable si B reçoit 90 pour cent des cellules. Quel décalage minimal doit-on avoir entre le moment où A émet le flux et celui où il peut être restitué en B ? Quelle taille de buffer doit-on prévoir en B ?

### 3 Exercice 3

On considère un réseau constitué de N serveurs de service exponentiel de paramètre  $\mu$ . Les clients arrivent dans la file 1 selon un processus de poisson de taux  $\lambda$ ,  $\lambda < \mu$ . A la sortie de la file i (i différent de N), un client sort du système avec une probabilité  $\epsilon$  ou entre dans la file (i+1) avec une probabilité  $(1-\epsilon)$ . Si le client sort du système avant d'être passé par la file N, on dit qu'il est perdu.

1. Calculer le taux d'arrivée dans la file i,
2. Que vaut, en fonction de  $\lambda$ ,  $\epsilon$  et N le débit efficace du système et la probabilité de perdre un client.

### 4 Exercice 4 (Question d'examen)

On considère le modèle simplifié suivant pour un serveur Web :

- Les requêtes de documents arrivent selon un processus de poisson de taux  $\lambda$ .

- Les requêtes sont analysées pour voir si le document recherché est dans le cache ou sinon sur quel disque faut-il aller chercher l'information. Le temps de traitement correspondant est supposé exponentiellement distribué avec un paramètre  $\mu_1$ .
- Quand le document n'est pas dans le cache, il doit être lu sur un des deux disques nommés 2 et 3. Le temps pour chercher un document sur le disque  $i$  est exponentiellement distribué de moyenne  $1/\mu_i$ . La probabilité qu'on doive chercher le document sur le disque  $i$  est  $p_i$ .
- Le document est dans le cache avec une probabilité  $p_1$ . Une fois le document récupéré, le temps nécessaire pour le transmettre est exponentiellement distribué avec moyenne  $1/\mu_4$ .

1. Calculer le taux d'arrivée dans chaque file et donner la condition de stabilité du système,
2. AN : On suppose que  $1/\mu_i$  vaut respectivement 10ms, 100ms, 200ms et 50ms pour  $i=1,2,3$  et 4. Il y a un défaut de cache dans 25 pour cent des cas et dans ce cas il faut aller chercher le document dans 40 pour cent des cas sur le disque 2 et dans 60 pour cent des cas sur le disque 3. Analyser le nombre de requêtes par seconde que peut traiter ce serveur
3. Calculer le temps de réponse moyen pour  $\lambda=10$  requêtes par seconde.

## 5 Exercice 5

Le multiplexage consiste à partager une même ressource (typiquement un canal de communication à plusieurs utilisateurs). On suppose qu'il y a  $N$  utilisateurs, chacun souhaitant transmettre des paquets de longueur moyenne  $L$  octets sur un lien de capacité  $C$  octets/s. On suppose que pour chaque utilisateur, les paquets arrivent avec le même débit de  $\theta$  paquets par s. On considérera deux sortes de multiplexage :

- le multiplexage en fréquence, qui donne à chacun des utilisateurs une capacité  $C/N$  et gère les paquets de chacun dans un tampon séparé,
- le multiplexage statistique, qui met tous les paquets dans le même buffer et transmet chacun des paquets en utilisant toute la capacité  $C$ .

Utiliser les formules de la M/M/1 pour montrer que le multiplexage statistique donne des temps de réponse moyens inférieurs à ceux du multiplexage en fréquence.

## 6 Exercice 6

On considère le système de "vidéo à la demande", dans lequel un serveur envoie des films numérisés à des clients qui se sont connectés au réseau. Il est constitué d'un serveur connecté à un noeud de commutation  $E$  de capacité 250 Mb (Mégabit) par seconde, et de trois commutateurs  $A$ ,  $B$  et  $C$  de capacité respectivement 250 Mb/s, 250 Mb/s et 150 Mb/s. L'information circule sous la forme de cellules de 50 octets. On suppose que chaque connexion d'un client engendre un trafic moyen de 4 Mb/s du serveur vers le client. A cela s'ajoute un trafic de contrôle qui retourne du client vers le serveur. Ce trafic est en moyenne de 1 cellule toutes les 50 cellules reçues.

1. Calculer la valeur du trafic engendré par une connexion en cellules par seconde.
2. Donner les valeurs possibles du triplet  $(a, b, c)$  représentant le nombre de clients connectés respectivement aux commutateurs  $A$ ,  $B$  et  $C$ .
3. Calculer la valeur du temps moyen de réponse  $T_A$  d'une cellule allant du serveur vers un client relié au commutateur  $A$  (en fonction de  $a, b$  et  $c$ ). Que vaut le temps de réponse des cellules revenant vers le serveur ? Calculer également  $T$ , le temps de réponse moyen des cellules du réseau, toutes routes confondues.
4. A.N  $(a, b, c) = (10, 20, 25)$

## 7 Routage par vecteur de distances

### 7.1 convergence

On considère un réseau comportant 50 routeurs, chacun connecté en moyenne à 4 routeurs, tout routeur étant au plus à une distance 10 en nombre de sauts de tout autre routeur. La mise à jour des tables se fait toutes les 30

secondes. La convergence de toutes les tables a été effectuée. Quelle est la durée de remise à jour des vecteurs de distance après l'adjonction d'un nouveau routeur ?

## 7.2 bande passante

Sur le réseau suivant les sommets représentent des routeurs et les réseaux associés, les chiffres en **gras** ne servent qu'à numéroter les arêtes, l'étiquetage des arêtes (chiffres en non-gras) correspond aux délais de transmission :

[height=25ex, width=70ex]bpass1.eps

1. On suppose que la convergence des tables a été effectuée. Pour chacun des routeurs, indiquer le chemin que vont suivre les paquets qu'il envoie à destination de F.
2. La liaison entre B et F devient très encombrée et passe à 20. Étudier la convergence suite à une diffusion synchrone par B et F de leur nouvelles tables (B et F mettent à jour leurs tables et les émettent avant de recevoir toute autre information des autres routeurs). Quels chemins vont suivre maintenant les paquets expédiés par les routeurs à destination de F ?

## 8 Files d'attente et routage

On désire construire un réseau avec 5 routeurs connectés par 6 liaisons bidirectionnelles :

- une liaison à  $100Kbits^{-1}$ ,
- 2 liaisons à  $50Kbits^{-1}$  et
- 3 liaisons à  $20Kbits^{-1}$ ,

ces débits étant donnés dans chaque sens. Le trafic estimé  $t_{ij}$  (en  $Kbits^{-1}$ ) entre deux routeurs  $i$  et  $j$  est donné par la matrice :

	A	B	C	D	E
A		10	6	10	8
B	10		10	6	20
C	6	10		4	15
D	10	6	4		10
E	8	20	15	10	

1. Choisir une topologie et un routage possible. On ne considérera que des routages symétriques : la route pour aller de  $X$  à  $Y$  passe par les mêmes routeurs que la route de  $Y$  à  $X$ .
2. Analyser en utilisant la méthode fondée sur les flux : on supposera que le temps moyen de traversée d'une liaison est égal à  $\frac{L}{C-\lambda}$ , où  $L$  est la taille moyenne d'un paquet (on prendra  $L = 1Kbit$ ),  $C$  est la capacité de la liaison en  $Kbits^{-1}$  et  $\lambda$  le trafic moyen en  $Kbits^{-1}$ .

## 9 Routage hiérarchique

### 9.1 Niveaux de hiérarchie

Considérons un réseau de  $N$  routeurs.

1. Si on divise le réseau en régions, quel est l'ordre de grandeur de la taille optimale des régions pour obtenir des tables de routage de taille minimale ? Quel est alors le nombre d'entrées des tables de routage ? Résultat pour  $N = 200000$  ?
2. Reprendre la question ci-dessus si on ajoute un niveau de hiérarchie. Pour l'application numérique, quel est le nombre de niveaux de hiérarchie si on veut limiter la taille des tables à 200 entrées ?
3. Illustrer un exemple dans lequel le routage hiérarchique fait augmenter la longueur du chemin pris par les paquets entre deux routeurs.

## 9.2 Distribution d'adresses

### 9.2.1 Un début

Prenons un réseau  $R_1$  dont l'adresse attribuée est 195.129.32.0. L'ensemble de ce réseau est mis en place en une seule «pièce» (un seul réseau, pas de sous-réseau), avec le masque 255.255.255.0. On peut donc le noter 195.129.32.0/24 selon les conventions habituelles. Par la suite, une deuxième adresse 195.129.33.0 est obtenue notée  $R_2$ . Ce deuxième réseau est mis en place comme le premier, d'une seule pièce. On admet qu'un routeur  $RT_0$  relie ces deux réseaux entre eux et les connecte vers le monde extérieur.

1. Écrire la table de routage de  $RT_0$ , sachant qu'il connecte aussi un autre réseau 197.198.199.0 à l'ensemble et que la liaison extérieure est assurée par une connexion avec un nouveau routeur  $RT_1$  d'adresse 134.35.36.1.
2. Écrire la partie de la table de routage d'un routeur du réseau 197.198.199.0 vers les deux adresses ci-dessus.
3. Les deux réseaux ci-dessus sont agrégés en un seul. Décrire la nouvelle topologie du réseau (toujours avec un seul routeur et une capacité de 510 hôtes), le nouveau masque et donner la nouvelle table de routage du routeur  $RT_0$ .
4. Écrire la partie de la table de routage d'un routeur du réseau 197.198.199.0 vers le nouveau réseau ainsi constitué. Aurait-on pu conserver la table précédente ? Réciproquement, si on revient à la configuration où les deux réseaux  $R_1$  et  $R_2$  sont séparés, pourrait-on quand-même utiliser la nouvelle table sur le routeur du réseau 197.198.199.0 ?

### 9.2.2 Extension

Prenons le monde *Internet* avec l'adressage courant IPV4. Pour simplifier, on ne considère ici que les adresses de classe C ; on constatera que l'extension vers les autres adresses est facile. Supposons que les adresses réseaux aient été distribuées au fur et à mesure des demandes, sans tenir compte de dispositions de proximité de réseaux ou de dispositions géographiques quelconques. En gros, à chaque demande la première adresse disponible est allouée.

1. Peut-on donner un ordre de grandeur de la taille des tables de routage sur un routeur qui relie un système autonome à l'extérieur ? Pour ce faire, considérer un système autonome (vu en cours) configuré avec  $n$  adresses (de classe C, parfaitement cohérentes pour s'adapter à la structure interne), avec un routeur  $RT_0$  qui le relie au monde extérieur.  $RT_0$  a besoin de connaître les adresses réseau :
  - internes pour choisir le destinataire (routeur ou hôte) interne,
  - externes pour choisir en fonction de l'adresse de destination extérieure, le routeur externe adapté.On supposera que tous les routeurs reliant les systèmes autonomes se connaissent, c'est-à-dire qu'ils disposent d'un chemin ou peuvent calculer un chemin permettant de les joindre.

Pour éviter de gérer des tables de routage volumineuses, on peut réaliser un découpage des réseaux et associer un routage appelé routage hiérarchique. On découpe les réseaux en zones. Dans chaque zone il existe au moins un routeur qui sait comment faire suivre les paquets dans sa zone. Il ne connaît pas l'organisation des autres zones et ne dispose que de l'adresse d'un (ou quelques) routeur(s) pour chacune des autres zones.

2. Dans la question ci-dessus, on constate qu'une organisation hiérarchique à un niveau, sans distribution cohérente d'adresses ne contribue pas à la diminution des tables de routage (à moins que vous n'ayez une idée différente et une proposition effective). Si on effectue une hiérarchie à plus d'un niveau est-ce que l'on peut espérer diminuer les tables de routage ?
3. Supposons maintenant que les adresses IP aient été allouées de façon plus cohérente. On reprend l'hypothèse faite plus haut, où chaque organisme se fait allouer des adresses cohérentes pour créer des sur-réseaux ou des sous-réseaux ; ensuite une zone est créée par regroupement de l'ensemble des réseaux qui ont un préfixe commun dans l'adresse. On peut ainsi regrouper plusieurs niveaux, en associant autant de routeurs que nécessaire à chaque zone.

**Exemple :** Tous les réseaux dont l'adresse est du type 197.xxx.yyy.zzz ont été regroupés en une zone, de sorte à pouvoir les associer à un routeur  $R_{197}$ . Ainsi, tout routeur **en dehors** de l'espace 197.xxx.yyy.zzz doit router vers  $R_{197}$  tout datagramme destiné à une adresse à l'intérieur de cette zone. En d'autres termes, il a dans sa table de routage une ligne disant :

destination	contact	masque	liaison
197.0.0.0	$R_{197}$	255.0.0.0	liaisonVers $R_{197}$

De même, tout routeur à l'intérieur d'une zone, aura une table de la forme :

destination	contact	masque	liaison
197.0.0.0	LeRouteurLocal	255.0.0.0	liaisonVersLeRouteurLocal

où «LeRouteurLocal» est un routeur lui-même connecté à  $R_{197}$ .

On a remplacé de la sorte, la liste complète de toutes les adresses disséminées et donc nécessitant un routage différent.

**Question** enfin :

En supposant que sur l'ensemble des adresses de la classe C on agrège les adresses pour créer un niveau hiérarchique par octet, calculer la taille de la table de routage d'un routeur quelconque, selon le niveau hiérarchique où il se trouve.

## 10 Étude de la diffusion

### 10.1 Un extrait d'examen

Voici un exercice d'examen lié au cours d'initiation aux réseaux (cours réseaux de l'IUP2 ou celui du premier semestre de maîtrise/master) auquel vous avez échappé jusque là :

Cette question traite de la diffusion partielle *sur un réseau local*.

On veut faire des expéditions de données à partir d'une application  $A_0$  sur un hôte  $H_0$  vers des applications  $A_i$  sur des hôtes  $H_{i,1 \leq i \leq n}$ . On suppose qu'une seule application  $A_i$  existe sur chaque hôte  $H_{i,i \neq 0}$ . Toutes les  $A_i$  recevront les mêmes données ou informations diffusées par  $A_0$ . Le protocole utilisé est UDP. Les  $H_{i,i \neq 0}$ , ne représentent qu'un sous-ensemble des hôtes connectés à  $H_0$  (une partie des hôtes du réseau local).

1. Supposons que les  $H_{i,i \neq 0}$  possèdent la même adresse IP (on peut admettre que l'administrateur s'est trompé). Expliquer pourquoi cette situation ne permet pas une *diffusion partielle*.
2. On revient à une situation «normale» où l'administrateur ne s'est pas trompé. Donc les  $H_{i,i \neq 0}$  ont tous des adresses IP différentes. On veut alors mettre en place l'application  $A_0$  permettant une telle diffusion. Décrire une solution où les  $A_{i,i \neq 0}$  sont fixées et connues de  $A_0$ . Il faut détailler tout ce que  $A_0$  doit savoir et ce qu'elle doit réaliser afin de faire cette diffusion.
3. On veut maintenant faire en sorte que le sous-ensemble de  $A_{i,i \neq 0}$  soit modifié dynamiquement. C'est-à-dire que sur chaque hôte dans le réseau on puisse lancer une application et qu'elle reçoive alors les données ou informations diffusées. De même, que l'arrêt d'une  $A_{i,i \neq 0}$  soit pris en compte. Quelle solution peut-on proposer ?

### 10.2 Utilisation de la classe D

La suite ne faisait pas partie de l'examen. En fait, on se rend compte que dans tous les cas, il y a expédition d'autant de messages que de destinataires différents. La diffusion au sein d'un groupe peut aussi se faire par l'affectation d'adresses de classe D (les quatre premiers bits dans le premier octet sont 1110).

1. Rappeler les caractéristiques de cette catégorie d'adresses, le nombre de groupes possibles, le nombre de groupes auquel peut appartenir un hôte, une application.
2. On se restreint d'abord à un réseau local. On va analyser le départ et la réception de paquets *multicast*. Supposons que toute adresse de type *multicast* est associée à l'adresse de diffusion globale (*broadcast*) au niveau liaison. Combien de paquets seront émis ? Analyser la propagation dans une architecture de type bus, anneau puis étoile. À quel niveau (quelle couche) doit se faire l'acceptation ou le refus du paquet ?
3. Dans un réseau de type *ethernet* la notion d'adressage *multicast* existe. Toute adresse commençant par  $01.00.5E_{16}$  est une adresse de groupe. La correspondance entre une adresse de groupe IP et une adresse de groupe *ethernet* se fait en plaçant les 23 bits de poids faible de l'adresse de groupe IP, dans les 23 bits de poids faible de l'adresse ethernet  $01.00.5E.00.00.00_{16}$ . Or les adresses *multicast* IP peuvent choisir jusqu'à 28 bits de poids faible. Combien de groupes différents peuvent se retrouver translatés dans la même adresse *ethernet* ?
4. Analyser ce qui se passe et déduire comment et où sont faits les rejets de paquets non désirés.

5. Une première réflexion pour passer à la diffusion partielle au delà du réseau local : quelle(s) exigence(s) minimale(s) peut-on formuler au niveau des routeurs afin d'assurer l'acheminement de paquets *multicast* sans créer des boucles ?

## 11 Adhésion à un groupe et abandon

1. Analyser ce qui se passe dans la couche liaison et la couche réseau d'un hôte sur lequel deux applications sont inscrites, chacune dans un groupe différent, les deux groupes se trouvant traduits dans la même adresse physique. Donner un exemple, et montrer comment fonctionne l'ensemble.
2. Supposons qu'un hôte peut demander à son routeur local de s'inscrire à un groupe. Que doit faire ce routeur pour les paquets entrants destinés à ce groupe ? Que doit-il faire si cet hôte veut aussi expédier des paquets à destination de ce groupe ?
3. Que doit faire un hôte lorsqu'une application quitte un groupe ? S'il avertit son routeur local, que doit faire ce routeur ?

**Remarque** : ci-dessus on a discuté de l'affectation d'adresses *multicast* dans un réseau *ethernet*. Noter que pour d'autres types de réseaux, il faudra d'autres conventions.

## 12 Découverte de routeurs

Nous avons vu (rapidement) en cours qu'une adresse de groupe était associée à tous les routeurs d'un réseau (224.0.0.2) et qu'une adresse de groupe était aussi associée à tous les émetteurs *multicast* (224.0.0.1). Comment peut-on les utiliser pour découvrir les routeurs d'un réseau ? Donner un exemple de configuration simple et classique d'un réseau dans lequel on pourrait utiliser cette méthode afin de configurer automatiquement les tables de routage.

## 13 En TP

Prendre les exemples distribués en cours concernant la mise en œuvre d'émetteurs et récepteurs *multicast*. Vérifiez que les éléments suivants n'ont plus de secrets pour vous :

- Différence AF\_INET et PF\_INET ?
- Utilisation de *getservbyname()*, de *getprotobyname()* ?
- Moyen d'adhésion à un groupe,
- pendant qu'on y est, la possibilité (enfin) d'avoir un même numéro de service (numéro de boîte réseau pour ceux qui ont apprécié l'appellation) pour deux applications sur un même hôte,
- gestion du paramètre de durée de vie *ttl*.
- On peut constater dans l'émetteur qu'il n'y a pas de demande explicite d'allocation de numéro de boîte réseau (numéro de port). Rappeler comment on peut connaître le numéro attribué et quand peut-on le faire au plus tôt.

## 14 Développement d'un Routage RIP

Le routage RIP se fait à l'aide de tables de distances que les routeurs diffusent à leurs voisins, soit périodiquement soit lors d'une panne ou modification locale.

1. Exécuter la diffusion complète sur un réseau donné (l'initialisation des tables).

file=res.eps,height=10em, width=50ex

2. Ecrire l'algorithme distribué. Préciser ce que fait chaque routeur avec sa table de distance.
3. Le problème essentiel du routage RIP, provient de la possibilité d'engendrer des circuits vicieux dans les routes. Cela arrive lorsque des vecteurs de distance erronés (suite à une panne par exemple) sont envoyés sur le réseau et qu'ils provoquent des mises à jour intempestives.

Construire sur l'exemple de la Figure ci-dessous, un tel incident. On supposera par exemple que la liaison x entre D et E est cassée. D propage donc son nouveau vecteur de distance, et qu'en même temps A propage son vecteur de distance. En jouant sur les vitesses différentes des liaisons on peut créer un circuit vicieux.

## 15 Mise à Jour et Délais

Voici une question issue d'un examen précédent (3 points) :

Dans le routage par vecteurs de distances, la mise à jour des tables est faite toutes les 30 secondes. Ce qui veut dire que toutes les 30 secondes, chaque routeur diffuse tout l'ensemble des couples (destination, coût) qu'il connaît.

On considère deux réseaux utilisant ce type de routage, comportant respectivement 100 et 1000 routeurs. La convergence des tables a été atteinte. Un nouveau routeur est inséré dans chacun (pour simplifier, on peut associer ce nouveau routeur à une nouvelle destination). Ses voisins vont donc prendre connaissance de cette insertion, mettre à jour leurs tables et diffuser à leur tour à leurs voisins. Quelle différence constatera-t-on dans le délai nécessaire à la mise à jour complète des tables entre les deux réseaux ?

## 16 Routage

### Exercice 1

1. Rappeler très brièvement les principes et avantages de base du routage hiérarchique.
2. Montrer à l'aide d'un exemple qu'un tel routage peut conduire à un chemin plus long que le plus court chemin entre deux routeurs.
3. Vérifier votre réponse sur les avantages (i.e. justifier si ce n'est fait, avec la question précédente).

### Exercice 2

Comment sont utilisés dans les tables de routage la destination 0.0.0.0 et le masque 0.0.0.0 ?

### Exercice 3

Nous avons vu que quel que soit l'algorithme de routage utilisé, les routeurs échangent périodiquement des informations de «routage».

1. Montrer que s'ils annoncent avec chaque destination le masque utilisé, on aboutit à une solution qui fonctionne, mais qui n'est pas efficace concernant la consultation de la table.
2. **à préparer chez soi, au calme** : Proposer un algorithme qui vous paraît plus efficace pour le stockage et la recherche dans la table. On peut se limiter au cas *IPv4*, mais avec des adresses généralisées et non limitées aux classes. Cet algorithme peut proposer une structure de données associée aux longueurs des préfixes des adresses et telle que les masques ne soient pas nécessaires.

### Exercice 4

Un réseau d'un million de routeurs utilise les vecteurs de distance, sans hiérarchie. Supposons que les routeurs disposent d'une table de  $12Mo$  pour gérer le routage. En ajoutant intelligemment un niveau de hiérarchie, quel sera l'ordre de grandeur de la table par routeur ?

## 17 Propagation sur chemin inverse

Une question dans le projet «mini ospf» portait sur la diffusion par *chemin inverse* (*Reverse Path Forwarding* en espagnol). Malheureusement, nous n'avons pas traité ce sujet en cours. Si vous avez eu le courage d'étudier cette notion hors du cadre du cours, vous répondrez sans mal à cette question. Sinon, vous aurez au moins l'occasion de voir de quoi il s'agit. La voici :

Lorsqu'un nœud dans un graphe reçoit par une arête  $a_i$  une information destinée à la diffusion, il doit décider s'il est judicieux ou non qu'il la rediffuse. Le principe du *chemin inverse* est : le nœud extrait du message reçu l'expéditeur original  $s_0$  (la source), et calcule le plus court chemin de lui-même vers  $s_0$ . Si l'arête  $a_i$  fait partie de ce plus court chemin (inverse), alors le message est rediffusé vers les autres liaisons.

1. Dans le cas d'une diffusion généralisée (globale, dite *broadcast*), il est possible que cette diffusion soit inutile.
2. Dans le cas d'une diffusion de groupe (dite *multicast*), quelle information supplémentaire au niveau des routeurs permettrait d'améliorer cette décision ?

## 18 IPv6

### Exercice 5

L'entête de IPv6 a été rendue de taille fixe contrairement à IPv4. Donner deux arguments en faveur d'une telle décision. Et un argument (ou un raisonnement) contre ?

Même question concernant la fragmentation qui a été abandonnée.

### Exercice 6

Nous avons vu que dans IPv6 un mécanisme de configuration automatique permettait d'obtenir des éléments de configuration du «réseau». En fait, les questions suivantes ne demandent pas de connaître les détails d'IPv6.

1. Supposons qu'hôte ait obtenu son adresse. Proposer un moyen pour obtenir le routeur par défaut.
2. Est-ce qu'une adresse de groupe pour les routeurs du réseau peut contribuer à cette recherche ?