

Durée : 3 heures

Ni les documents, ni les calculettes ne sont autorisés.

Les téléphones portables doivent être éteints

Partie 1

1 Exclusion mutuelle

- 1.1) Expliquez les notions suivantes dans le cadre des systèmes distribués : ressources, section critique, exclusion mutuelle.
- 1.2) Quels sont les mécanismes mis habituellement en oeuvre dans les architectures fortement couplées pour assurer l'exclusion mutuelle ? Pourquoi ne conviennent-ils pas dans le cas d'architectures faiblement couplées ?
- 1.3) Donner et comparer les principaux protocoles mis en oeuvre pour assurer l'exclusion mutuelle dans le cas d'architectures faiblement couplées : ne pas donner les algorithmes dans le détail mais uniquement les grandes lignes et les principes de fonctionnement

2 Construction répartie d'un arbre couvrant

On désire mettre en place un mécanisme de construction d'un arbre couvrant à partir d'un maillage FIFO complet dans lequel

- les sites sont numérotés suivant un ordre total
- les liaisons entre les sites n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques de vitesse : chaque site connaît la vitesse des liaisons auxquelles il participe.

Ainsi dans l'exemple suivant, le maillage comporte 7 sites dont les temps de communication inter-sites sont donnés (en secondes) par le tableau suivant :

sites	S1	S2	S3	S4	S5
S1	-	1	3	4	2
S2	1	-	4	2	1
S3	2	5	-	4	3
S4	3	3	2	-	5
S5	2	2	2	1	-

L'**algorithme de construction** est basé sur la fusion d'arbres : au départ, tous les sites sont considérés comme étant racine d'un arbre. Ensuite, ces arbres vont chercher à fusionner. Pour cela, un site-racine R va demander à son site le plus proche P qui ne soit pas déjà un de ses fils s'il est prêt à fusionner avec lui.

Le site P le plus proche est celui qui correspondant à la liaison la plus rapide : dans le cas où il y a plusieurs liaisons de même vitesse minimale, le site R choisit une de ces liaisons *au hasard*.

Le **protocole de construction** est le suivant :

- Réception par P d'une demande provenant de R

- si P n'est pas racine d'un arbre, il répond NO_ROOT à R

- si P est racine d'un arbre :
 - o s'il n'est pas en train de faire une demande à son site le plus proche alors il répond OK et devient fils de R (il mémorise R comme étant son père).
 - o si il est en train de faire une demande :
 - * si son numéro est plus petit que celui de R , il répond NOK à R
 - * sinon, il met de côté le message de demande de R qu'il traitera lorsqu'il aura reçu et traité la réponse à sa propre demande : tous les messages mis de côté seront traités dans l'ordre d'arrivée et ce avant de refaire une demande

• Réception par R d'une réponse provenant de P

- Un site R recevant une réponse OK d'un site P ajoute P dans la liste de ses fils directs.
- Un site R recevant une réponse NO_ROOT d'un site P mémorise P dans sa liste des sites-feuille.

• Emission par R d'une demande

- Un site-racine R qui n'a plus de messages mémorisés, fait une demande de fusion au site le plus proche qui ne soit pas un de ses fils ni un site de sa liste des sites-feuille

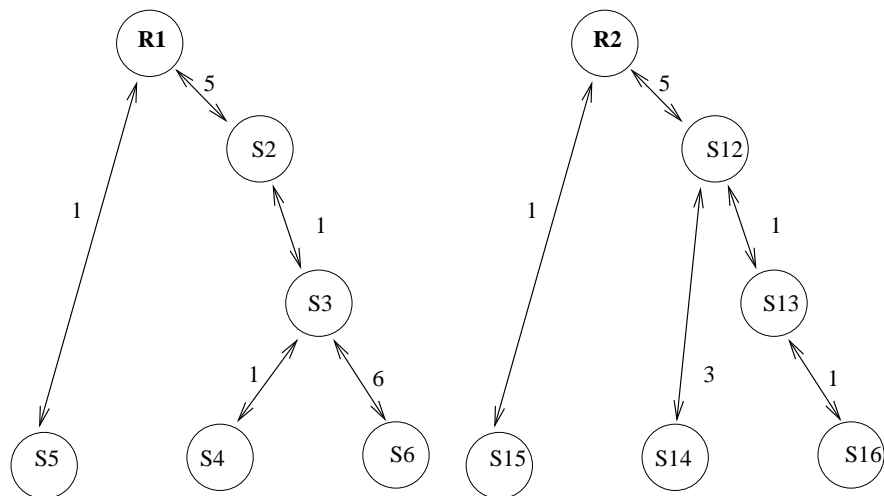
• Lancement du protocole

On suppose qu'un site centralisateur diffuse à tous les sites la demande de construction de l'arbre couvrant. Pour simplifier on considère que cette demande initiale arrive simultanément sur tous les sites.

Questions :

- 2.1) Montrer sur l'exemple que sans la ligne "si son numéro est plus grand que celui de R, il répond NOK" le protocole de recherche peut déboucher sur un interblocage mettant en cause les 5 sites dont S1.
- 2.2) Compléter éventuellement l'algorithme de construction d'arbre couvrant et appliquer le à l'exemple (**A rendre sur la feuille donnée en annexe**) : il faut aussi que vous mettiez en évidence les (sous-)arbres construits

On veut en plus que pour chaque arbre et sous-arbre construit, on puisse calculer la vitesse de diffusion de sa racine : le vitesse de diffusion d'une racine est le temps minimal pris par un message émis par la racine pour atteindre toutes les feuilles en considérant que un noeud de l'arbre transmet immédiatement le message. Ainsi, sur l'exemple de gauche, $VD(R1) = 12$ alors que sur l'exemple de droite, $VD(R2) = 8$.

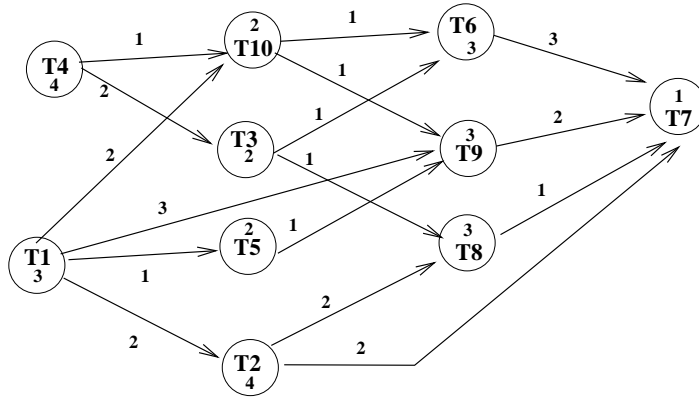


Questions :

- 2.3) Pour un arbre donné de racine R, proposer *sans l'intégrer pour l'instant dans l'algorithme de construction d'arbre*, un mécanisme de calcul de $VD(R)$. Quel est son coût en nombre de message ?
- 2.4) Modifier l'algorithme de façon à ce qu'après chaque fusion, la vitesse de diffusion du nouvel arbre soit calculée en minimum d'échange de messages.

3 Ordonnement

Soit le système de tâches suivant :



Questions

- **3.1)** Quelle est la différence entre “ordonnement minimal “ et “ordonnement optimal” ? Donner des exemples.
- En supposant que les tâches sont duplicables, pour les deux cas suivants, décrivez un algorithme permettant de trouver un ordonnancement minimal de ce système. L’appliquer à l’exemple et donner le temps minimal d’exécution du système :
 - **3.2)** lorsque l’on dispose d’une architecture fortement couplée avec suffisamment de processeurs ;
 - **3.3)** lorsque l’on dispose d’une architecture faiblement couplée avec suffisamment de processeurs