

Examen : Algorithmes répartis
Partie de Ch. Laforest

IMPORTANT : rendre une copie (même vide) séparée pour chacune des deux parties de cet examen. Indiquez, sur chaque copie, votre filière ainsi que le nom de l'enseignant proposant la partie traitée dans la copie. N'oubliez pas d'indiquer lisiblement vos nom et prénom dans les emplacements prévus et de rabattre et de coller le volet pour les rendre invisibles.

Dans tous les exercices suivants un effort de clarté et de synthèse dans l'exposé des solutions est demandé au candidat. Ces aspects seront fortement pris en compte dans la notation.

Exercice 1 On se place ici dans un cycle $G = (V, E)$ à n sommets, orienté dans un sens (cycle unidirectionnel) : chaque site i ne peut envoyer un message directement qu'à son unique voisin nommé suivant $_i$. On veut mettre en place un système de variable virtuelle partagée c'est-à-dire un protocole simulant une variable virtuelle entière, notée V , partagée par tous les sites (thème évoqué lors d'un cours). Pour cela, chaque site doit disposer d'une procédure Lire permettant de lire le contenu de V et d'une procédure Ecrire(a) qui permet d'affecter la nouvelle valeur a à la variable virtuelle V . Pour réaliser cela, nous proposons un protocole que vous devez compléter puis analyser.

Chaque site i dispose d'une variable entière Valeur $_i$, initialisée à 0, qui représente la valeur de V que connaît le site i . Le site i dispose aussi des variables Booléennes Ecrivain $_i$ et Avoir Jeton $_i$, initialisées à False.

Le protocole que nous proposons utilise un message $\langle \text{JETON} \rangle$ tournant dans le réseau et donnant le droit à celui qui le détient de faire une opération d'écriture (le jeton est gardé par le site qui fait une écriture pendant toute la durée de l'opération d'écriture).

L'opération d'écriture d'une nouvelle valeur b de la variable virtuelle V par le site i détenant le jeton est réalisée en faisant faire un tour au message $\langle \text{ECRITURE}, b \rangle$ (diffusion de la nouvelle valeur b grâce au message ECRITURE). Chaque site i recevant ce message met à jour sa copie locale Valeur $_i$ (plus, éventuellement, d'autres opérations utiles pour le bon déroulement général du protocole).

Procédure Lire
{ Retourner(Valeur $_i$); }

Procédure Ecrire(a)
{ Ecrivain $_i$:= True;
Attendre(Avoir Jeton $_i$);
Envoyer($\langle \text{ECRITURE}, a \rangle$) à suivant $_i$; }

Lors de la reception d'un message $\langle \text{JETON} \rangle$
 { If ($\text{Ecrivain}_i = \text{True}$) then $\text{AvoirJeton}_i := \text{True}$;
 Else Envoyer($\langle \text{JETON} \rangle$) à suivant_i ; }

Lors de la reception d'un message $\langle \text{ECRITURE}, x \rangle$
 { **** A Compléter **** }

1. Complétez le protocole donné en fonction de la description qui en est faite. Initialement, que faut il faire pour "démarrer proprement" le protocole?
2. Considérons un système à 7 sites x_1, x_2, \dots, x_7 (dans cet ordre dans le cycle) et supposons que trois sites x_1, x_3, x_6 veuillent faire une écriture. Supposons que le site x_1 reçoive le jeton en premier.
 - (a) Décrivez à partir de ce moment là les échanges de messages qui se produisent.
 - (b) Combien de messages sont échangés entre le moment où x_1 reçoit le jeton et le moment où la dernière des trois écritures est terminée? (on suppose qu'il n'y a pas d'autres demandes d'écritures pendant le déroulement de ces trois).
3. Lorsque le système est composé de n sites, combien de messages sont échangés lors d'une opération d'écriture? Combien de messages sont échangés lors d'une opération de lecture?
4. Est ce que les opérations d'écritures sont toujours faites dans l'ordre temporel de leurs requêtes? Si oui donnez des arguments pour montrer que c'est le cas, si non donnez un contre exemple.
5. Est ce que deux opérations de lecture simultanées en deux sites différents du système peuvent donner des résultats différents? Si oui donnez un exemple d'exécution dans lequel ce cas se produit, si non donnez des arguments pour le montrer. Qu'en concluez vous?
6. Que pensez vous de ce protocole?

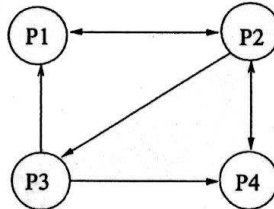
Exercice 2 Nous considérons ici un réseau représenté par un arbre $T = (V, E)$. Chaque site ne connaît que l'identité de ses voisins et ne connaît pas le nombre total de sites dans T . Nous supposons qu'un site donné unique, noté r , se réveille spontanément. L'objectif est de décrire un protocole permettant à un message noté $\langle \text{JETON} \rangle$ (ne transportant aucune information) de passer par toutes les arêtes de l'arbre exactement deux fois (une fois dans chaque sens). On suppose qu'initialement le message $\langle \text{JETON} \rangle$ est envoyé par le site r .

- Décrivez vos idées en Français pour réaliser ce protocole.
- Décrivez votre protocole en pseudo code. Précisez le type et l'utilité de chacune des variables que vous utilisez.
- Donnez un exemple d'exécution dans un arbre que vous choisirez.
- Quel site sait que le parcours du $\langle \text{JETON} \rangle$ est terminé? Quand le sait il et comment le sait il?
- A quel moment un site quelconque sait il qu'il ne recevra plus le jeton?
- Combien de messages sont échangés pendant ce protocole?

Algorithmique Répartie – Partie de Lelia Blin
Examen

Exercice 1 – Horloges et datations

Soit 4 processus interconnectés via des canaux comme représenté sur la figure ci-dessous. Les 4



processus exécutent les séquences de pseudo-code suivantes :

Processus P1	Processus P2	Processus P3	Processus P4
1. $z = \text{receive}(P2)$	1. $x = 10$	1. $z = \text{receive}(P2)$	1. $z = \text{receive}(P2)$
2. $z = z * 2$	2. $\text{send}(x, P1)$	2. $z = z + 6$	2. $z = z + 4$
3. $y = \text{receive}(P3)$	3. $\text{send}(x, P3)$	3. $\text{send}(z, P1)$	3. $y = \text{receive}(P3)$
4. $z = z + y$	4. $\text{send}(x, P4)$	4. $\text{send}(z, P4)$	4. $z = z + y$
5. $\text{send}(z, P2)$	5. $\text{receive}(x, P1)$		5. $\text{send}(z, P2)$
	6. $y = z / 2$		
	7. $\text{receive}(x, P4)$		
	8. $y = z + y$		

L'opération $\text{send}(nb, Px)$ envoie la valeur de l'entier nb au processus Px .

L'opération $nb = \text{receive}(Px)$ attend un message contenant un entier de la part du processus Px .
L'entier reçu est placé dans nb .

Questions

1. Dessiner le graphe de correspondance immédiate correspondant à l'exécution en parallèle des 4 processus.
2. Dater chacun des événements en utilisant la méthode de l'horloge de Lamport.
3. Dater chacun des événements en utilisant la méthode de l'horloge vectorielle.
4. Donner l'ordre total global défini par la datation via la méthode de l'horloge de Lamport.

Exercice 2 – Fonction de routage

On se place dans un réseau constitué de sites communicants entre eux par des messages sur des liens de communication bidirectionnels et fiables. Les sites ont des identités deux à deux distinctes, et chaque site connaît toutes ces identités (pour simplifier, on supposera que les sites sont numérotés de 1 à N).

Une fonction essentielle pour un fonctionnement efficace du réseau est la fonction de routage. Le but de cette fonction est de fournir, pour chaque destination, une route permettant à tout message de parvenir à cette destination, aussi lointaine soit-elle.

Question 1: Quelle est l'information que doit posséder chaque site pour chaque destination possible afin de pouvoir faire fonctionner correctement cette fonction de routage ?

La mise à jour de cette information nécessite en pratique la comparaison des distances entre sites (les longueurs des différentes routes). Pour cette raison, les sites mémorisent également, toujours pour chaque destination, la distance via le plus court chemin entre eux-mêmes et cette destination (La distance entre deux nœuds sera représentée par le nombre de liens minimum pour relier ces deux nœuds).

On suppose qu'un des sites du réseau désire connaître le diamètre du réseau, c'est-à-dire la plus grande distance qui existe entre deux sites du réseau.

Question 2: Concevez un algorithme réparti permettant à ce site d'obtenir l'information souhaitée, et détaillez-le en pseudo-code en écrivant deux variantes :

- La première utilisera le principe de l'interrogation de tous les sites en envoyant des messages "personnalisés" pour chacun d'eux et utilisant la fonction de routage pour atteindre les destinataires.
- La première méthode peut se révéler très coûteuse en nombre de messages. Proposez une deuxième moins coûteuse qui utilisera un algorithme de parcours avec retour d'information vers l'initiateur.

Dans les deux cas, l'initiateur devra collationner les réponses et mémoriser le résultat.

Question 3: Pour chacune des deux variantes de la question précédente, évaluez le nombre de messages nécessaires, ou au moins des bornes inférieures et supérieures de ce nombre, et ceci en fonction du nombre de sites du réseau, du nombre de liens de communication et/ou des distances entre sites.