

# Examen de Systèmes Répartis

E. Mesnard

11 février 2011

Documents de cours **autorisés**.

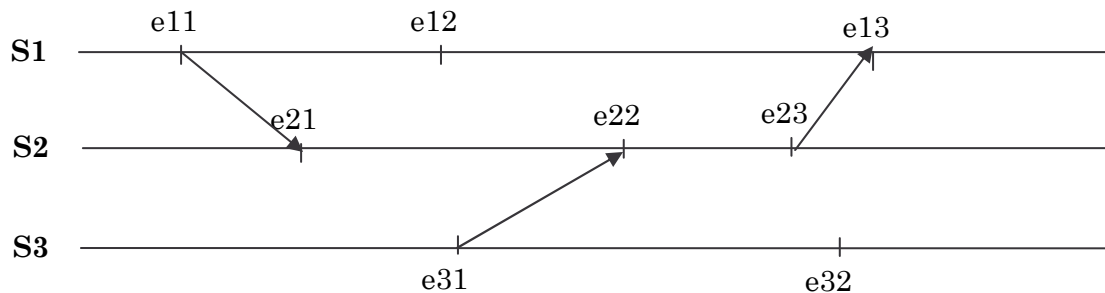
Durée : **1 heure**

## Exercice 1 (10 points)

## Causalité

Soit un système réparti à trois sites (S1, S2 et S3) dans lequel les communications se font dans un réseau connexe fiable, où les canaux de communication entre chaque paire de sites sont unidirectionnels et FIFO.

Le schéma événementiel suivant présente le début d'un calcul d'un algorithme réparti sur les sites.



- Donner toutes les relations causales immédiates a) liées aux processus, b) liées aux communications.
- Parmi les exécutions réelles suivantes totalement ordonnées dans le temps réel et comportant les mêmes événements, préciser si elles sont causalement équivalentes ou non à celle représentée dans le diagramme :
  - e11,e31,e21,e22,e23,e12,e32,e13
  - e11,e21,e31,e23,e12,e22,e32,e13
  - e11,e21,e31,e12,e22,e23,e32,e13
  - e11,e12,e21,e31,e22,e23,e13,e32
- Indiquer si les événements internes e12 et e32 sont causalement liés.
- Donner les dates des événements dans le système d'horloges **vectérielles** (HV – Lamport/Mattern), en supposant les horloges nulles à l'instant initial.
- Donner la signification (sémantique) des composantes d'un vecteur d'horloge. Prendre l'exemple de l'horloge vectorielle associé à l'événement e13.
- S'appuyer sur les horloges vectorielles pour justifier la réponse donnée à la question 3) (les événements internes e12 et e32 sont ou non causalement liés ?).
- Indiquer les événements concurrents à e12. Justifier la réponse à l'aide des horloges vectorielles.

## Exercice 2 (10 points) Horloges Vectorielles restreintes à diffusion

Les Horloges Vectorielles présentent l'inconvénient de ne pas détecter, a priori, la violation de l'ordre causal dans la réception des messages (Cf. cours). En 1991, André Schiper (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne), Kenneth Birman et Pat Stephenson (Cornell University) ont publié un article sur une variante (HV\_2) contournant cet obstacle : la **diffusion** avec respect de l'ordre causal.

[SBS 91] A. Schiper, K. Birman, P. Stephenson  
*Lightweight causal and atomic group multicast*  
ACM Trans. on Computer Systems, Aug 1991, Vol 9, N° 3, pp 272-314

L'algorithme qui réalise ce mécanisme est, en résumé, le suivant :

- HV<sub>2i</sub> désigne l'horloge vectorielle du site S<sub>i</sub>
  - EV<sub>m</sub> désigne l'estampille vectorielle attribuée au message m lors de sa diffusion
- 1) Les horloges HV<sub>2</sub> ne totalisent que les diffusions.
  - 2) Si un événement correspondant à la diffusion d'un message m se produit sur le site S<sub>i</sub>, alors HV<sub>2i[i]</sub> est incrémenté (HV<sub>2i[i]</sub>++) puis le message m est envoyé avec la nouvelle valeur de l'horloge comme estampille (EV<sub>m</sub> = HV<sub>2i</sub>)
  - 3) à la réception sur le site S<sub>j</sub> d'un message m d'estampille EV<sub>m</sub> diffusé par S<sub>i</sub>, alors on attend que :
    - a) Toutes les diffusions précédentes de S<sub>i</sub> soient arrivées sur S<sub>j</sub>,
    - b) Toutes les diffusions antérieures à m et reçues sur S<sub>i</sub> aient été aussi reçues par S<sub>j</sub>.
  - 4) après remise du message m, l'horloge locale du récepteur S<sub>j</sub> est mise à jour (afin d'enregistrer l'historique connu) par :  
$$HV\_2j = \max(HV\_2j, EV_m)$$

- 1) Indiquer l'inconvénient majeur que présente cette solution.
- 2) Reformuler les conditions d'attente indiquées (en français...) dans l'algorithme aux points 3-a) et 3-b) en **conditions sur les HV<sub>2</sub>**.
- 3) Proposer un exemple **simple** à 3 sites illustrant ces deux cas.
- 4) Sur le schéma événementiel suivant, indiquer les moments où le message m<sub>3</sub> est délivré aux sites S<sub>1</sub> et S<sub>3</sub>, en précisant (bien sûr !) ce que valent les HV<sub>2</sub> à chaque événement de délivrance des messages diffusés.

