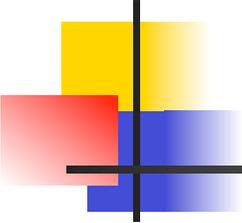


# Communication de groupe

---

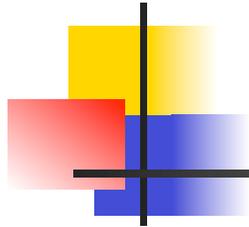
- Principes et Définitions
- Coordonnateur central
- Anneau virtuel avec jeton
- Horloges de Lamport et de Mattern
- Enquête généralisée
- Diffusion par horloge vectorielle



# Causalité

---

- Causalité élémentaire
  - Pour tout M, émission (M)  $\rightarrow$  réception (M)
  - «  $\rightarrow$  » signifie « précède »
- Causalité répartie (ordre partiel)
  - A « précède causalement » B si A et B sont des événements produits dans cet ordre sur un même site
  - A « précède causalement » B si A est l'événement d'émission d'un message M par le site S1 et B l'événement de réception du message M sur S2
  - La relation de causalité répartie est la fermeture transitive
  - Si A  $\rightarrow$  B et B  $\rightarrow$  C alors A  $\rightarrow$  C



# Ordre causal des messages

---

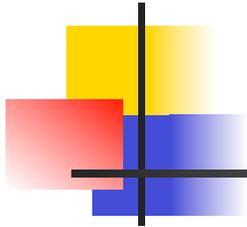
Pour tout M1 émis de S1 vers S3

Pour tout M2 émis de S2 vers S3

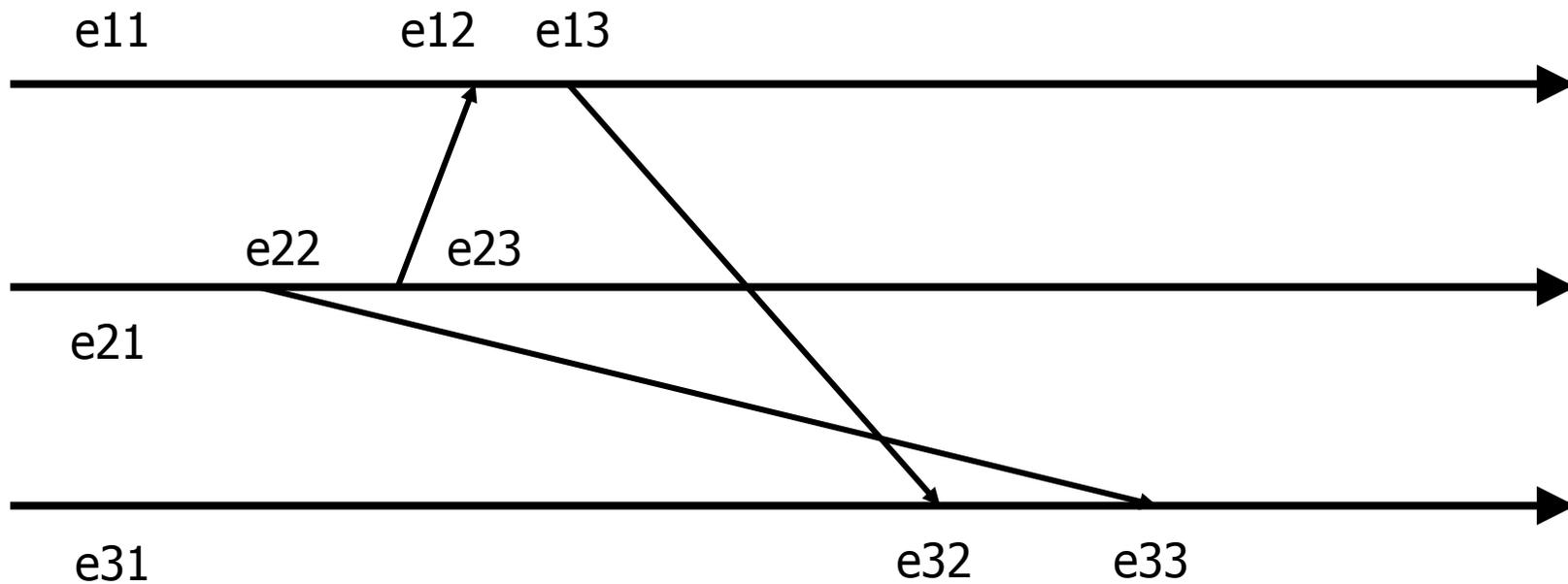
émission (M1) -> émission (M2)

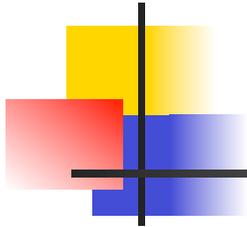
=>

réception (M1) -> réception (M2)

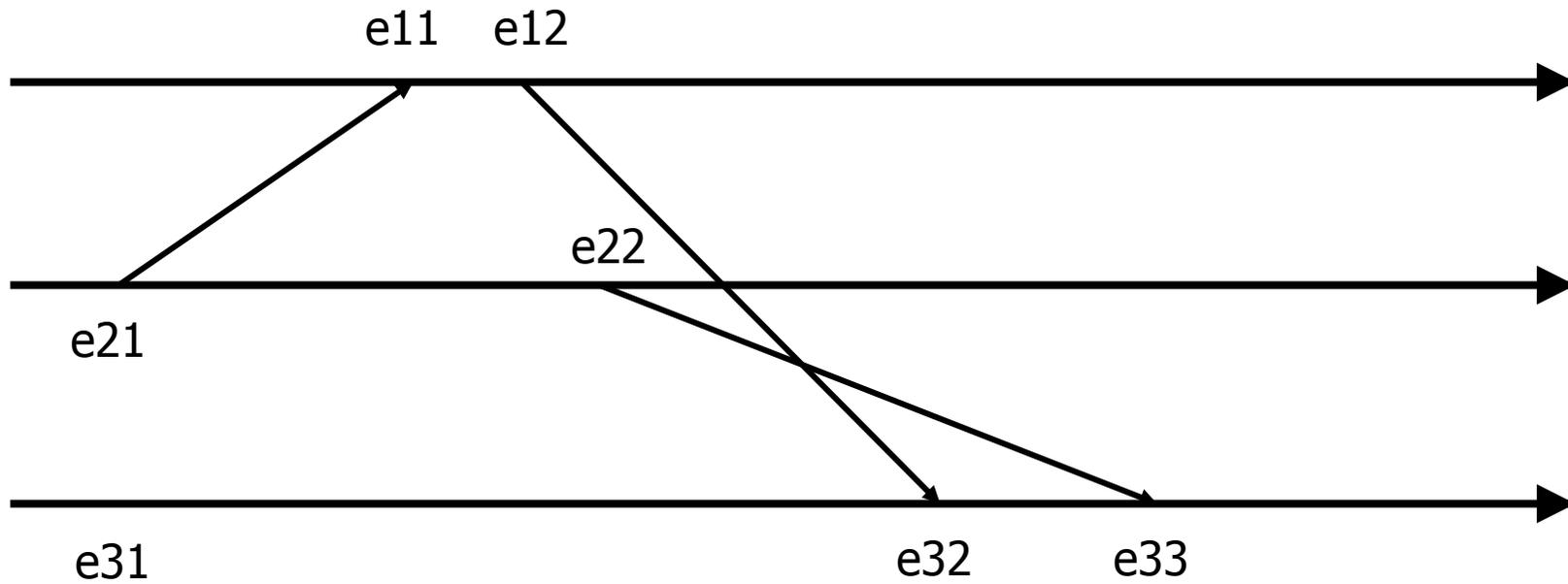


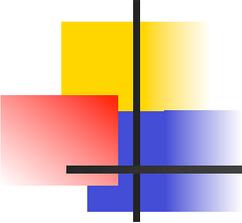
# Non-respect de causalité





# Respect de causalité

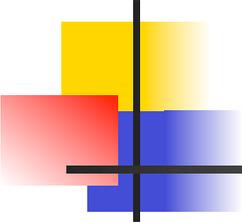




# Diffusion avec ordre causal

---

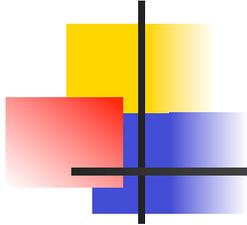
- Diffusion respectant l'ordre local
  - Pour deux diffusions successives du même processus, les messages sont délivrés dans le même ordre chez chaque destinataire
- Diffusion respectant l'ordre causal
  - Toute suite de diffusions de message en relation de causalité implique la délivrance des messages chez les destinataires dans la même relation de causalité



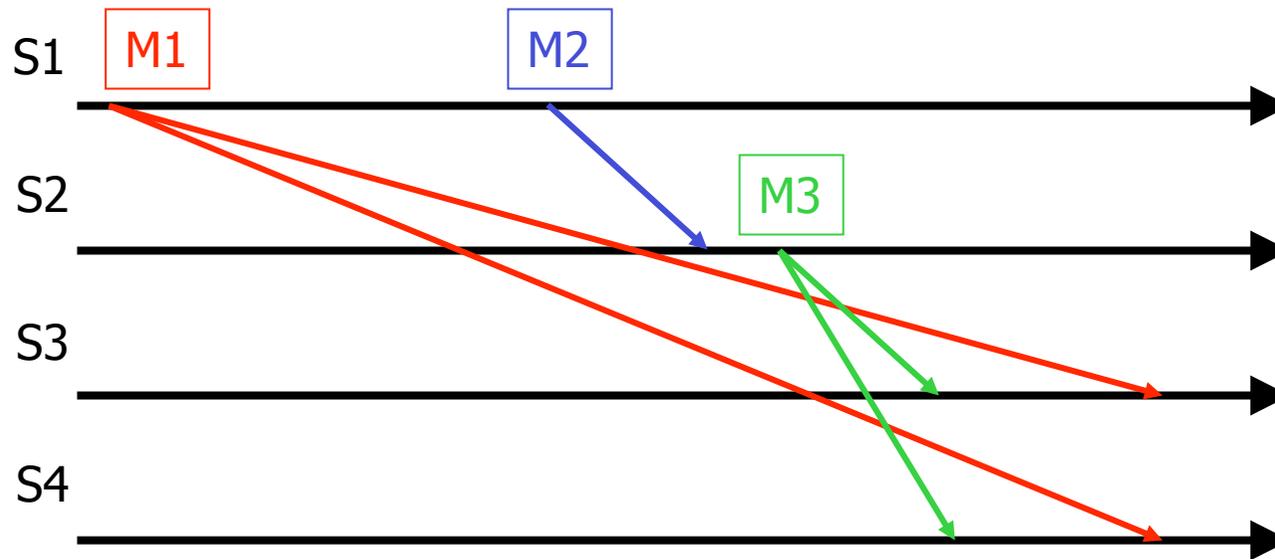
# Diffusion avec ordre total

---

- Diffusion avec ordre total simple
  - Si plusieurs diffusions ont lieu concurremment de différents processus vers le même groupe, alors tous les messages sont délivrés dans le même ordre pour tous les destinataires.
- Diffusion avec ordre total causal
  - L'ordre total respecte aussi la relation de causalité des messages.

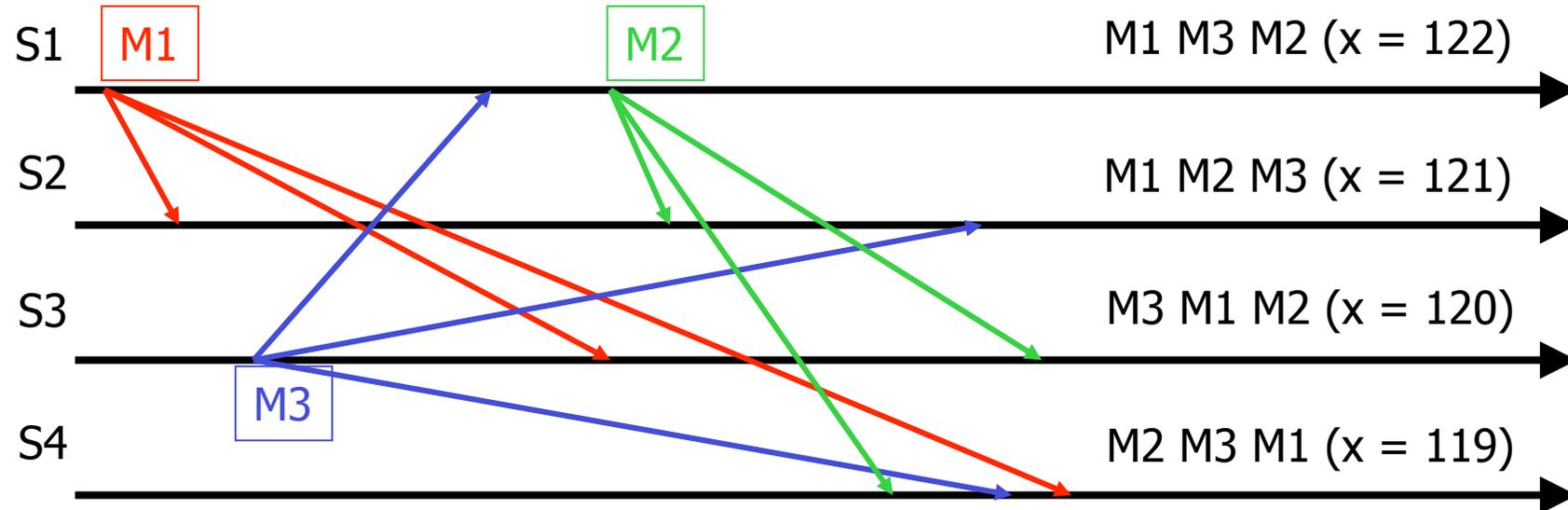


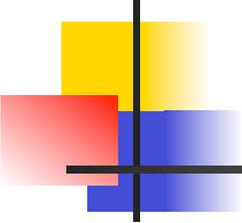
# Ordre total $\not\Rightarrow$ Ordre causal



# Importance de la diffusion avec ordre total causal

- Pour les sites S1, S2, S3 et S4,  $x = 100.0$
- M1 ( $x = x + 20.0$ )
- M2 ( $x = x - 10.0$ )
- M3 ( $x = 1.1 * x$ )



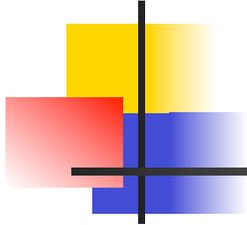


# Coordonnateur central

## Ordre total ou causal ?

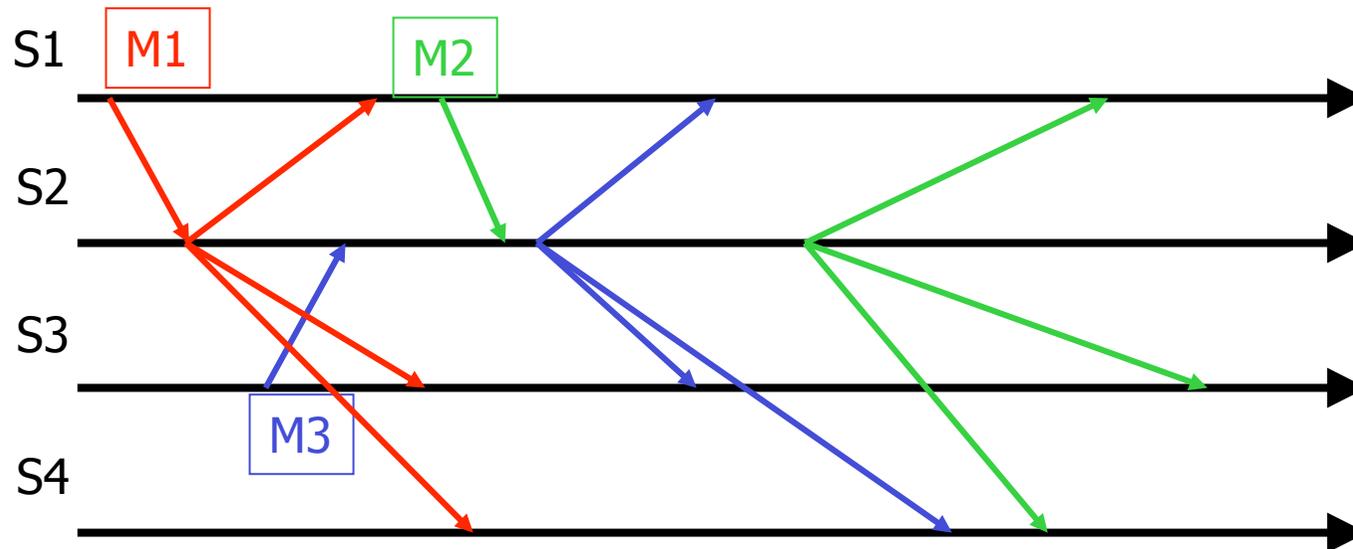
---

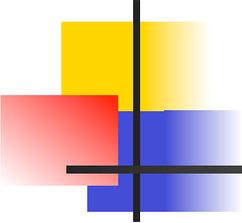
- Un site  $S$  est choisi pour jouer le rôle de coordonnateur. Un site qui souhaite diffuser un message l'envoie à  $S$  qui l'envoie aux membres du groupe toujours dans le même ordre.
- Les canaux doivent être fifos.
- En cas de panne de  $S$ , il convient d'élire un nouveau site et de retrouver les messages non émis par  $S$ .
- Le site  $S$  constitue par construction un goulot d'étranglement.



# Coordonnateur central

- S2 est le coordonnateur dans l'exemple précédent



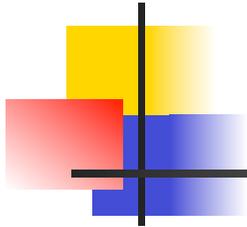


# Anneau virtuel avec jeton

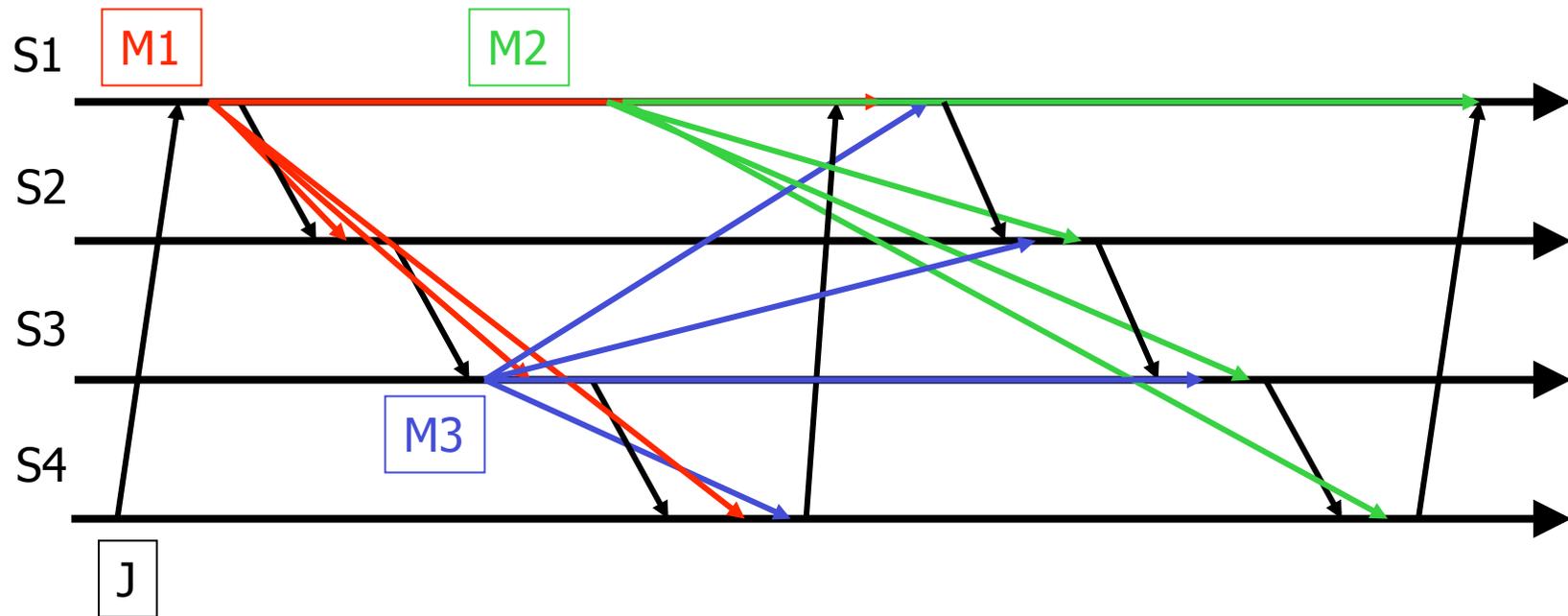
## Ordre total ou causal ?

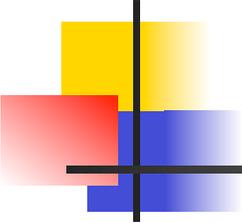
---

- Un jeton tourne sur un anneau virtuel et transporte les messages à diffuser.
- A la réception du jeton sur le site  $S_i$ 
  - Délivrer en local dans l'ordre  $M_{S_i}, M_{S_{i+1}}, \dots, M_{S_{i-1}}$
  - Envoyer à  $S_{i+1}$  le jeton avec  $M_{S_{i+1}}, \dots, M_{S_{i-1}}, M'_{S_i}$
- Le jeton tourne de manière continue et sollicite des sites qui n'ont rien à émettre.



# Anneau virtuel avec jeton





# Horloges de Lamport

---

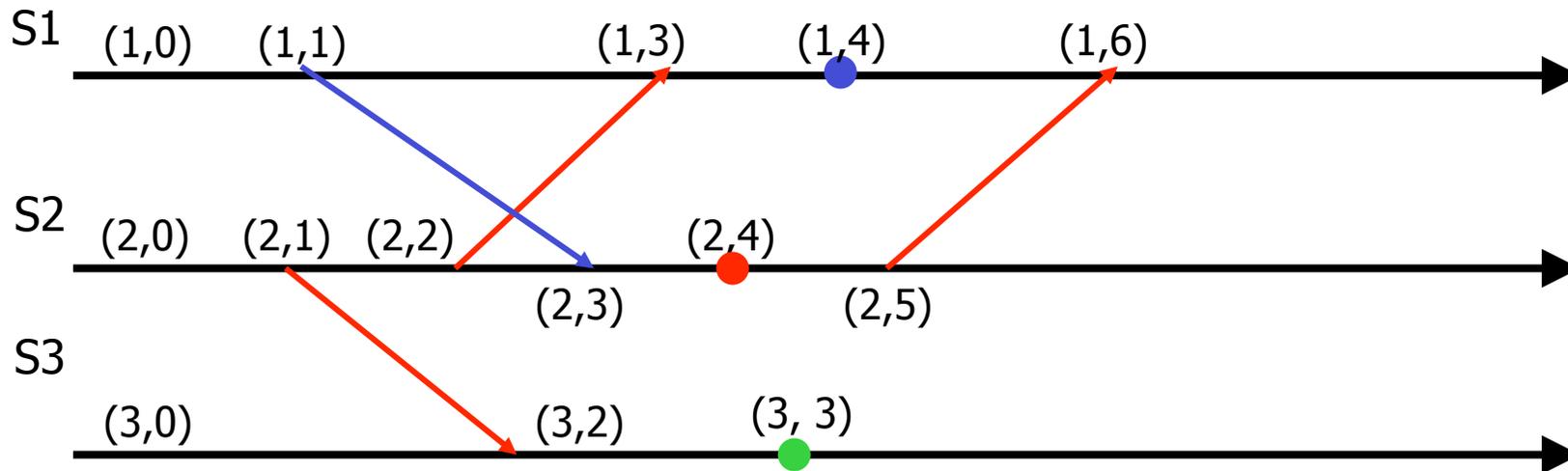
- Chaque site  $S_i$  dispose d'une horloge  $H_i$  initialisée à 0.
- Un site  $S_i$  incrémente  $H_i$  lors d'un événement local.
- Un site  $S_i$  estampille tout message émis avec  $H_i$ .
- Le récepteur  $S_j$  du message estampillé  $H_i$  recale son horloge  $H_j$  par  $\max(H_i, H_j) + 1$

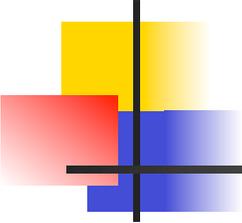
$$(a_i \Rightarrow b_j) \Leftrightarrow (H(a) < H(b)) \Leftrightarrow (H_i < H_j) \text{ ou } (H_i = H_j \text{ et } i < j)$$

- L'ordre partiel introduit préserve la dépendance causale.
- L'ordre total s'obtient en incluant le numéro du site ( $H_i, i$ ).
- L'ordre obtenu n'établit pas une relation de causalité

$$(a \rightarrow b)_{\text{Lamport}} \Rightarrow (H(a) < H(b))_{\text{Causal}}$$
$$(H(a) < H(b)) \Rightarrow \neg (b \rightarrow a)$$

# Horloges de Lamport ou horloges par estampille





# Horloge de Mattern

---

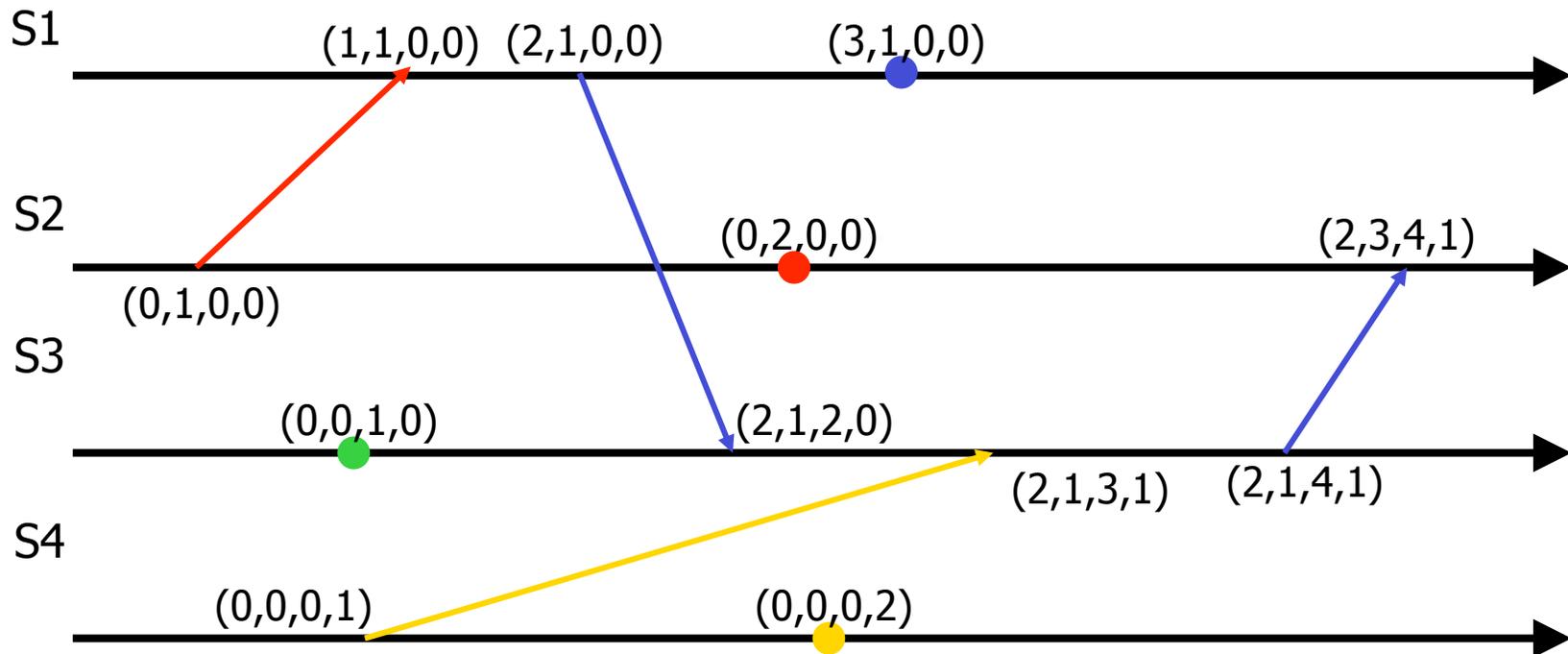
- Chaque site  $S_i$  définit une horloge  $V_i(1..N)$  initialisée à 0.
- Un site  $S_i$  incrémente  $V_i(i)$  pour tout événement.
- Un site  $S_i$  estampille tout message  $M$  émis avec  $V_i$ .
- Le récepteur  $S_j$  de  $M$  estampillé  $V_m$  recalcule son horloge  $V_j$ .  $\forall k \in 1..N, V_j(k) = \max(V_m(k), V_j(k))$

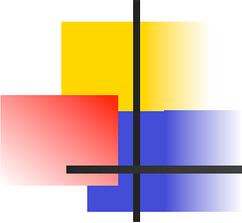
$$(A \leq B) \Leftrightarrow (\forall k \in 1..N, A(k) \leq B(k))$$

$$(A < B) \Leftrightarrow (A \leq B \text{ et } A \neq B)$$

- Cet ordre partiel représente exactement la dépendance causale.
- $A(i)$  constitue le nombre d'événements qui précèdent  $A$  et qui ont eu lieu sur le site  $S_i$ .
- $\sum A(k)$  constitue le nombre d'événements qui précèdent  $A$ .

# Horloges de Mattern ou horloges vectorielles



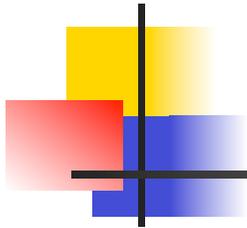


# Enquête généralisée

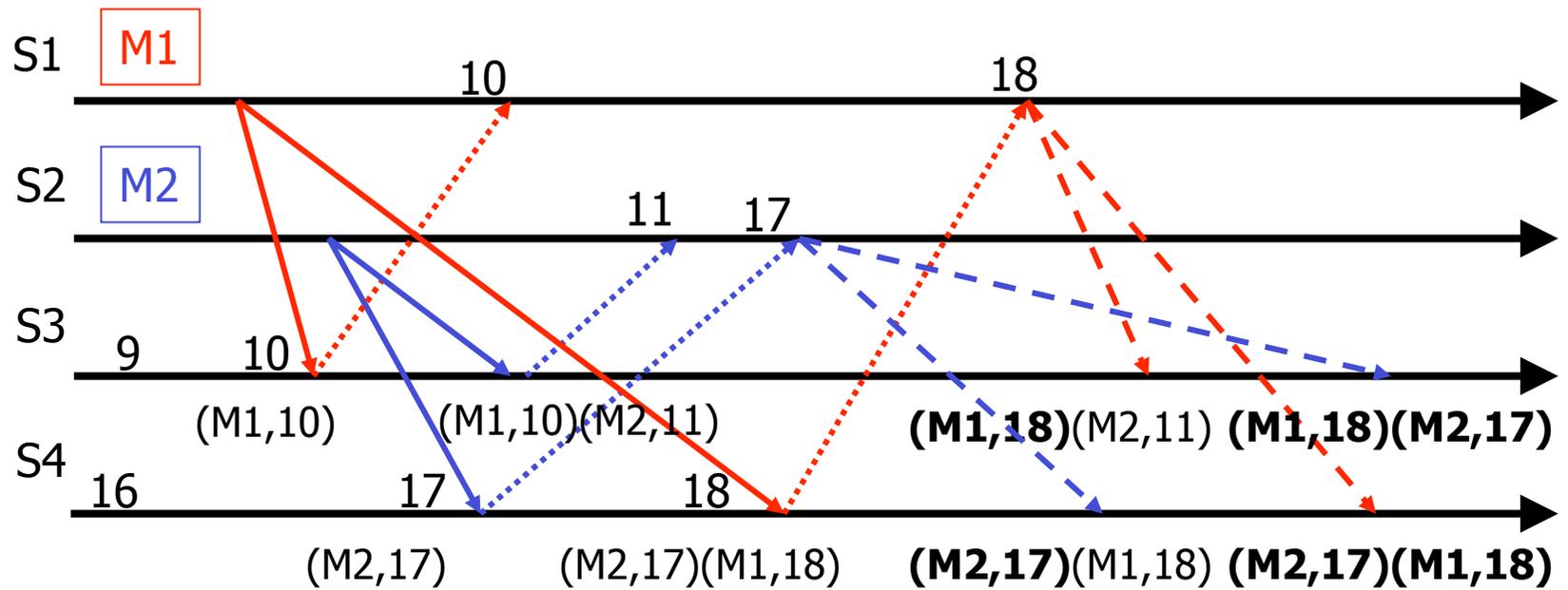
## Ordre total ou causal ?

---

- Tout site  $S$  maintient une liste de messages reçus ainsi qu'une estampille  $N_S$ .
  1. L'émetteur  $E$  diffuse un message  $M$  aux membres du groupe.
  2. Un récepteur  $S$  incrémente son estampille à la réception de  $M$ . Il stocke  $(M, N_S)$  dans la liste des messages. Il envoie  $N_S$  à  $E$ .
  3. L'émetteur  $E$  attend toutes les estampilles et calcule la valeur maximum  $N_{\max}$  qu'il envoie aux membres du groupe.
- A la réception de  $N_{\max}$ , chaque destinataire marque  $M$  comme délivrable et lui associe le numéro d'ordre  $N_{\max}$ .
- Un message est délivré en local dès lors qu'il est marqué comme délivrable et dispose du plus petit numéro d'ordre dans la liste des messages (délivrables ou non).



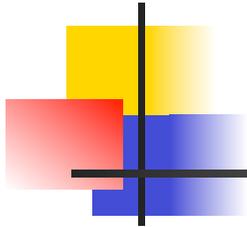
# Enquête généralisée



# Diffusion

## par horloge vectorielle

### Ordre total ou causal ?



- Chaque site  $S_i$  initialise une horloge  $V_i(1..N)$  à 0.
- Un site  $S_i$  incrémente  $V_i(i)$  pour toute diffusion.
- Un site  $S_i$  estampille tout message  $M$  émis avec  $V_i$ .
- Le récepteur  $S_j$  délivre  $M$  estampillé  $V_m$  dès que
  1. Toutes les diffusions de  $S_i$  soient arrivées:  $V_j(i) = V_m(i) - 1$ .
  2. Toutes les diffusions antérieures à  $M$  et reçues sur  $S_i$  aient été aussi reçues par  $S_j$  :  $\forall k \in 1..N$  et  $k \neq i$ ,  $V_j(k) \geq V_m(k)$
- Le récepteur  $S_j$  recale son horloge  $V_j$ .  $\forall k \in 1..N$ ,  
 $V_j(k) = \max(V_m(k), V_j(k))$

# Diffusion par horloge vectorielle

