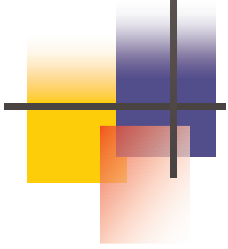




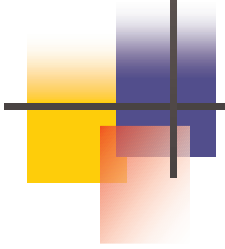
Communication de groupe

- Principes et Définitions
- Coordonnateur central
- Anneau virtuel avec jeton
- Enquête généralisée
- Horloge vectorielle
- Diffusion par horloge vectorielle



Causalité

- Causalité élémentaire
 - Pour tout M, émission (M) -> réception (M)
 - « -> » 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 -> B et B -> C alors A -> C



Ordre causal des messages

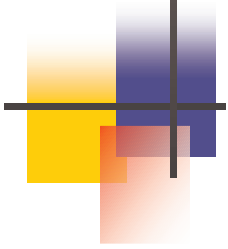
Pour tout M1 émis de S1 vers S3

Pour tout M2 émis de S2 vers S3

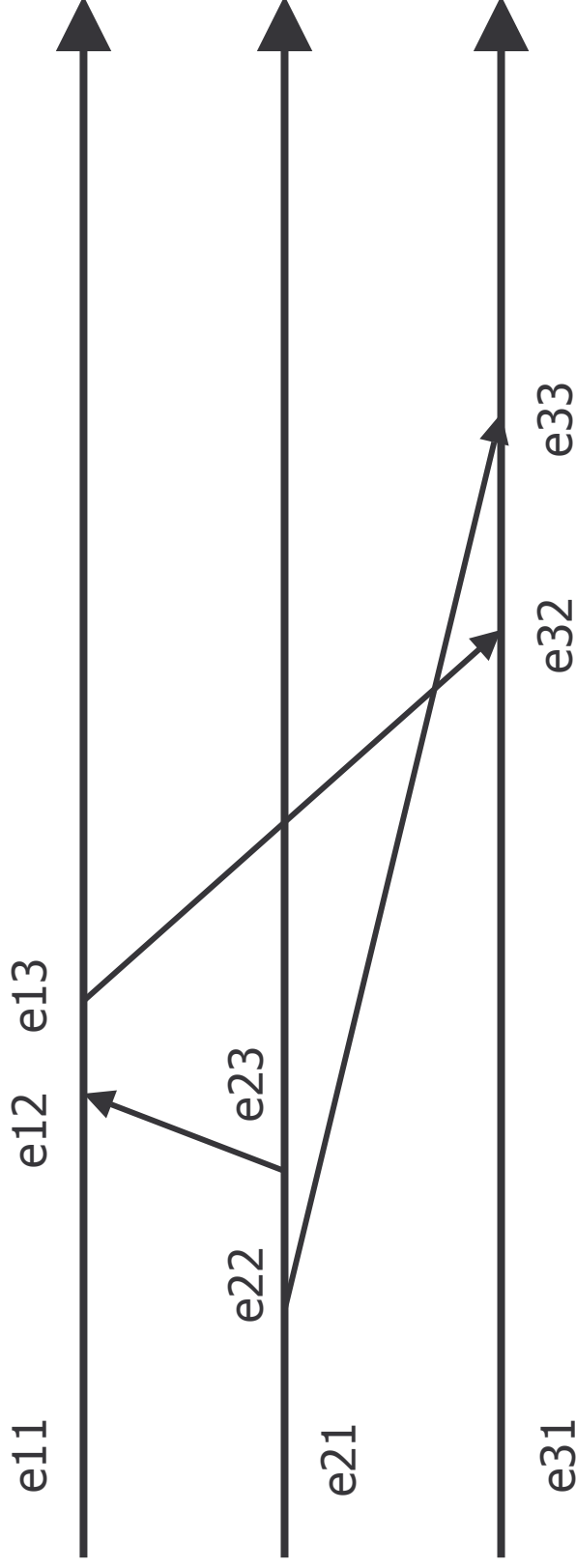
émission (M1) -> émission (M2)

=>

réception (M1) -> réception (M2)

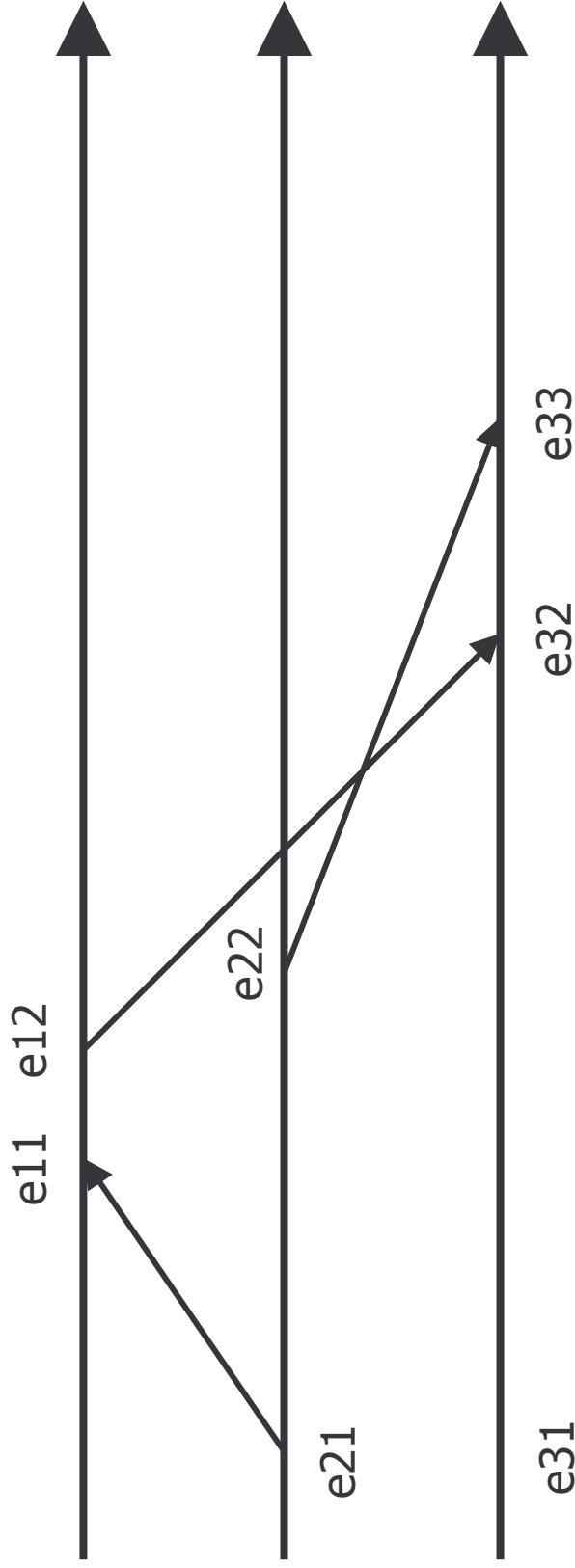


Non-respect de causalité





Respect de causalité





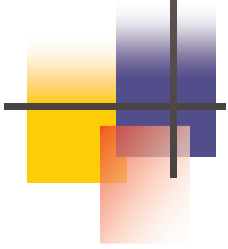
Diffusion avec ordre causal

- 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

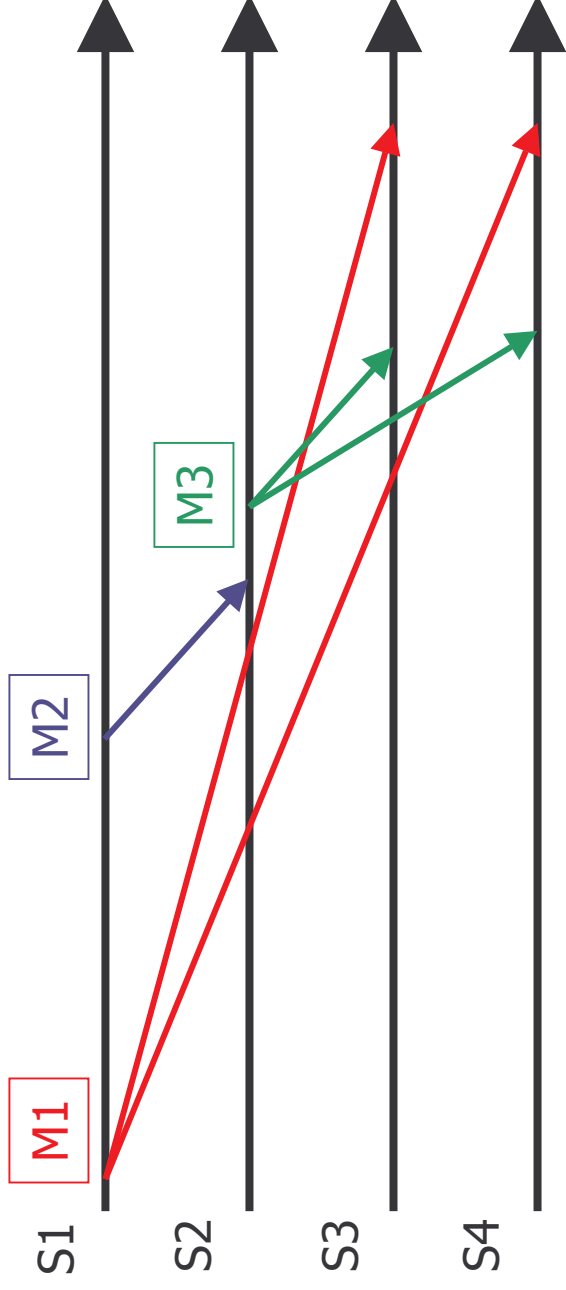


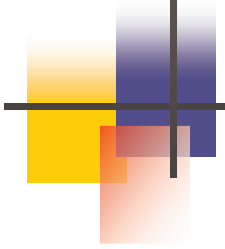
Diffusion avec ordre total

- 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.



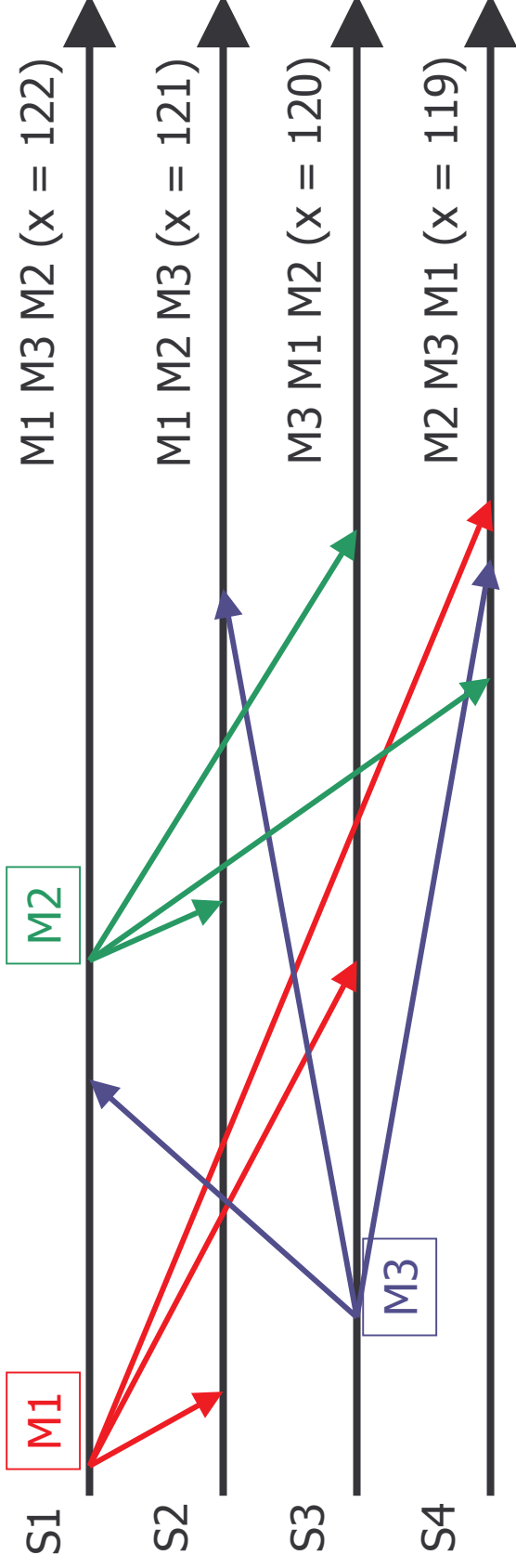
Ordre total $\neq$ Ordre causal





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

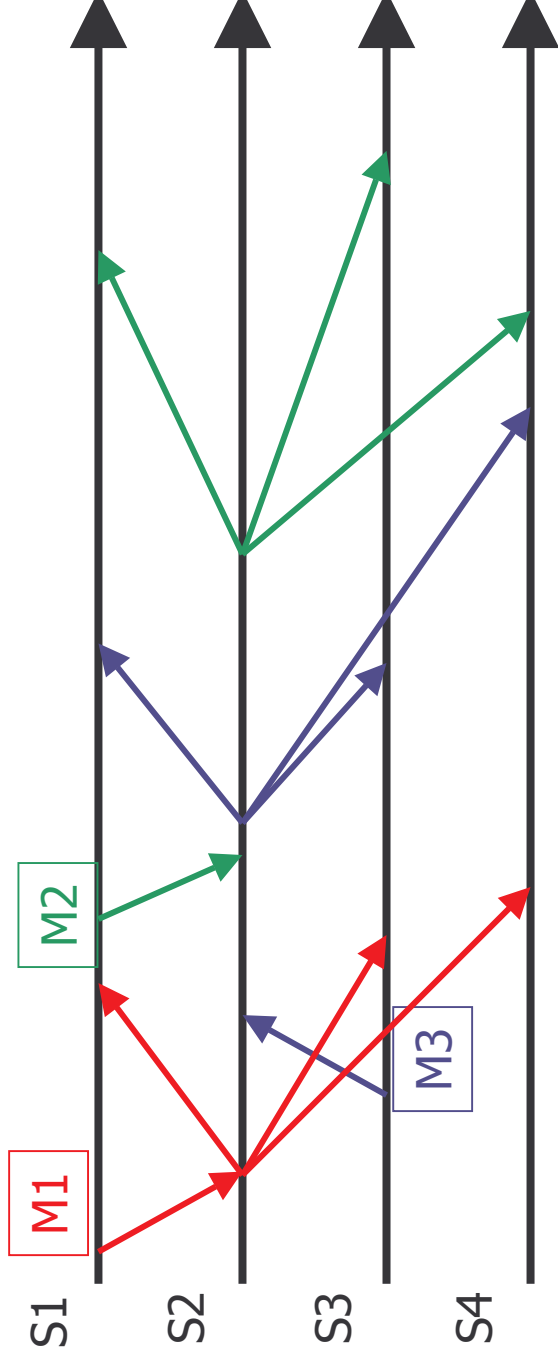
Ordre total ou causal ?

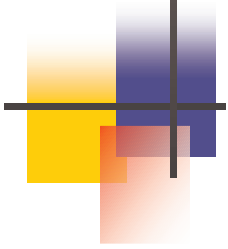
- Un site S est choisi pour jouer le rôle de coordonnateur. Un site qui souhaite diffuser un message l'envoie à S qui l'envoie aux membres du groupe toujours dans le même ordre.
- Les canaux doivent être fifos.
- En cas de panne de S , il convient d'élire un nouveau site et de retrouver les messages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



Coordonnateur central

- S2 est le coordonnateur dans l'exemple précédent

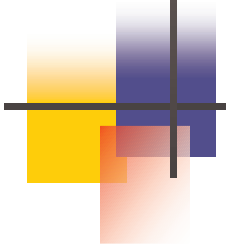




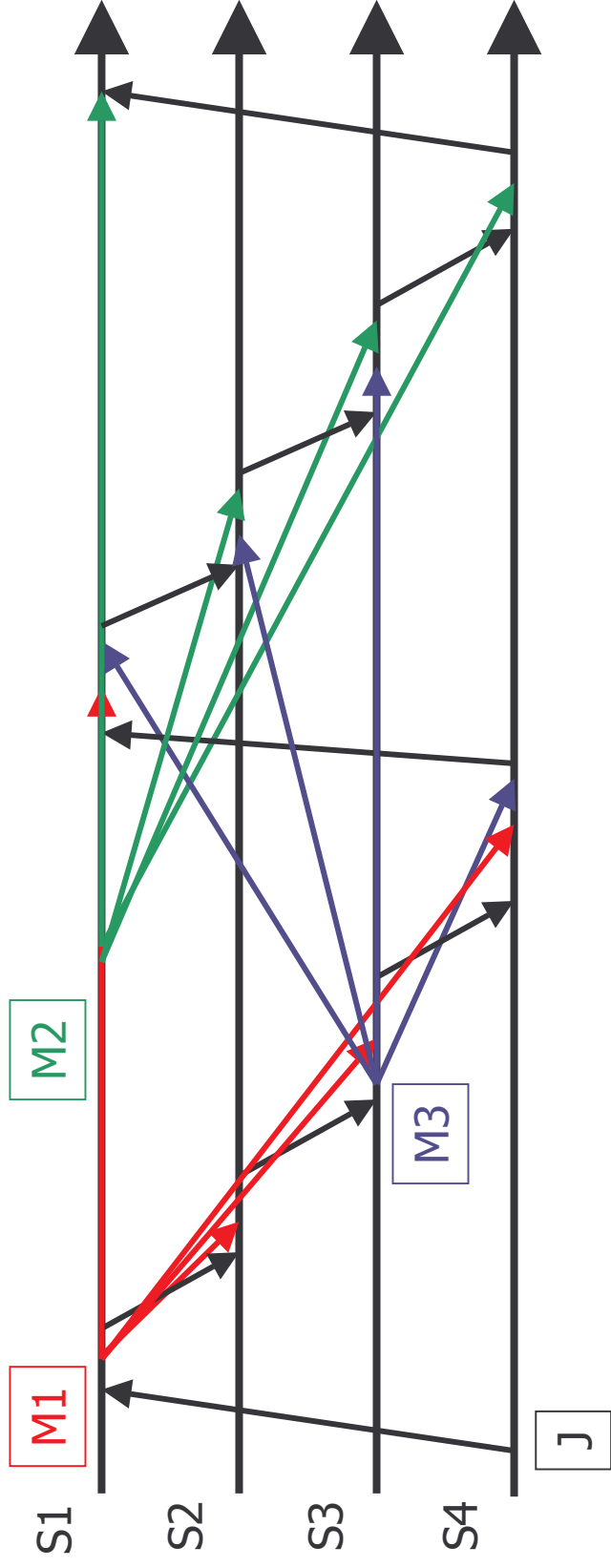
Anneau virtuel avec jeton

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

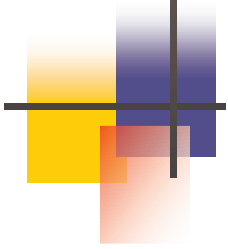




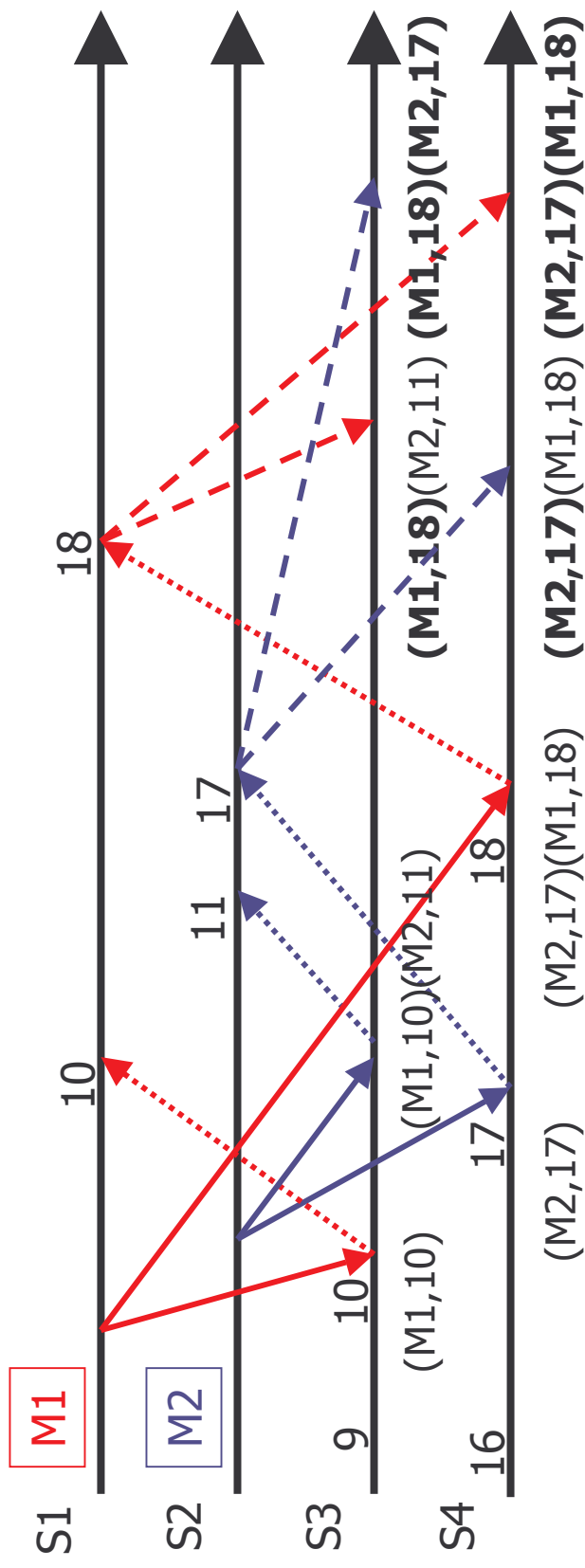
Enquête généralisée

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





Horloge par estampille

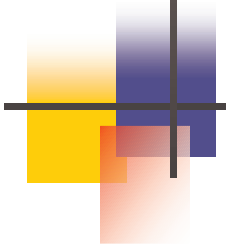
- Chaque site S_i dispose d'une horloge H_i initialisée à 0.
- Un site S_i incrémente H_i lors d'un événement local.
- Un site S_i estampille tout message émis avec H_i .
- Le récepteur S_j du message estampillé H_i recale son horloge H_j par $\max(H_i, H_j) + 1$

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

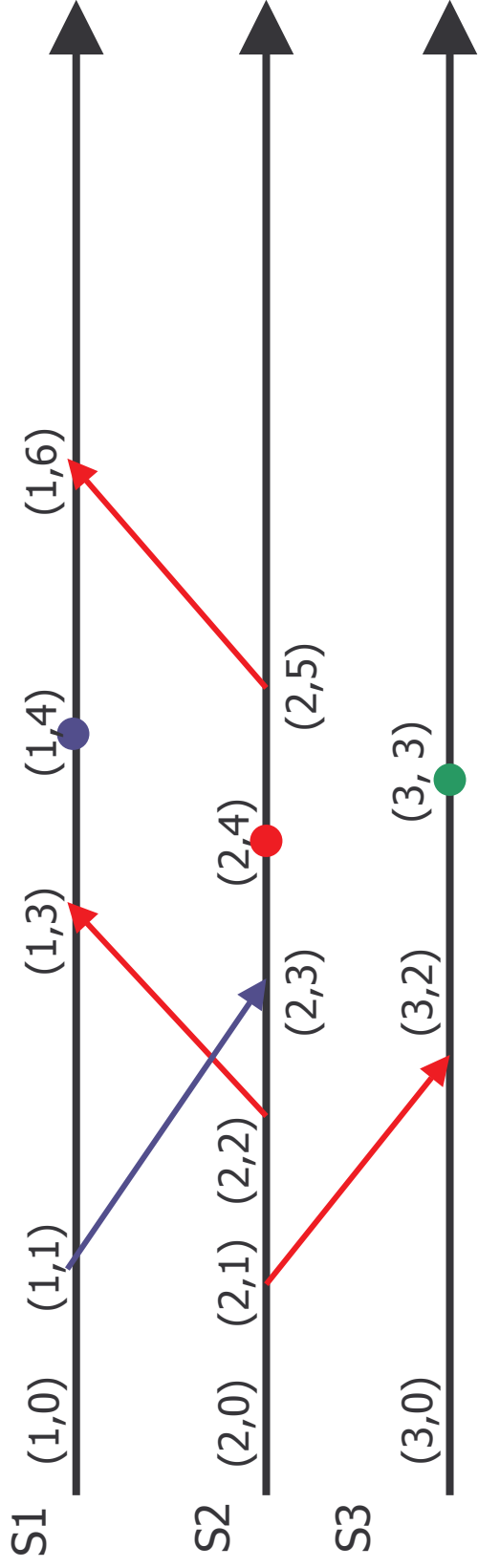
- L'ordre partiel introduit préserve la dépendance causale.
- L'ordre total s'obtient en incluant le numéro du site (H_i, i) .
- L'ordre obtenu n'établit pas une relation de causalité

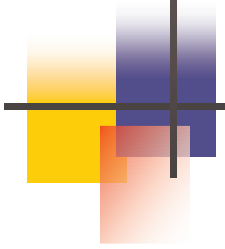
$$(a \rightarrow b) \Rightarrow (H(a) < H(b))$$

$$(H(a) < H(b)) \Rightarrow \neg (b \rightarrow a)$$



Horloge par estampille





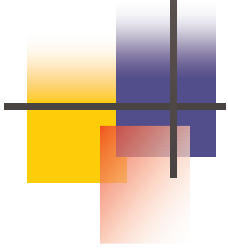
Horloge vectorielle

- 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 recale son horloge V_j . $\forall k \in 1..N, V_j(k) = \max(V_m(k), V_j(k))$

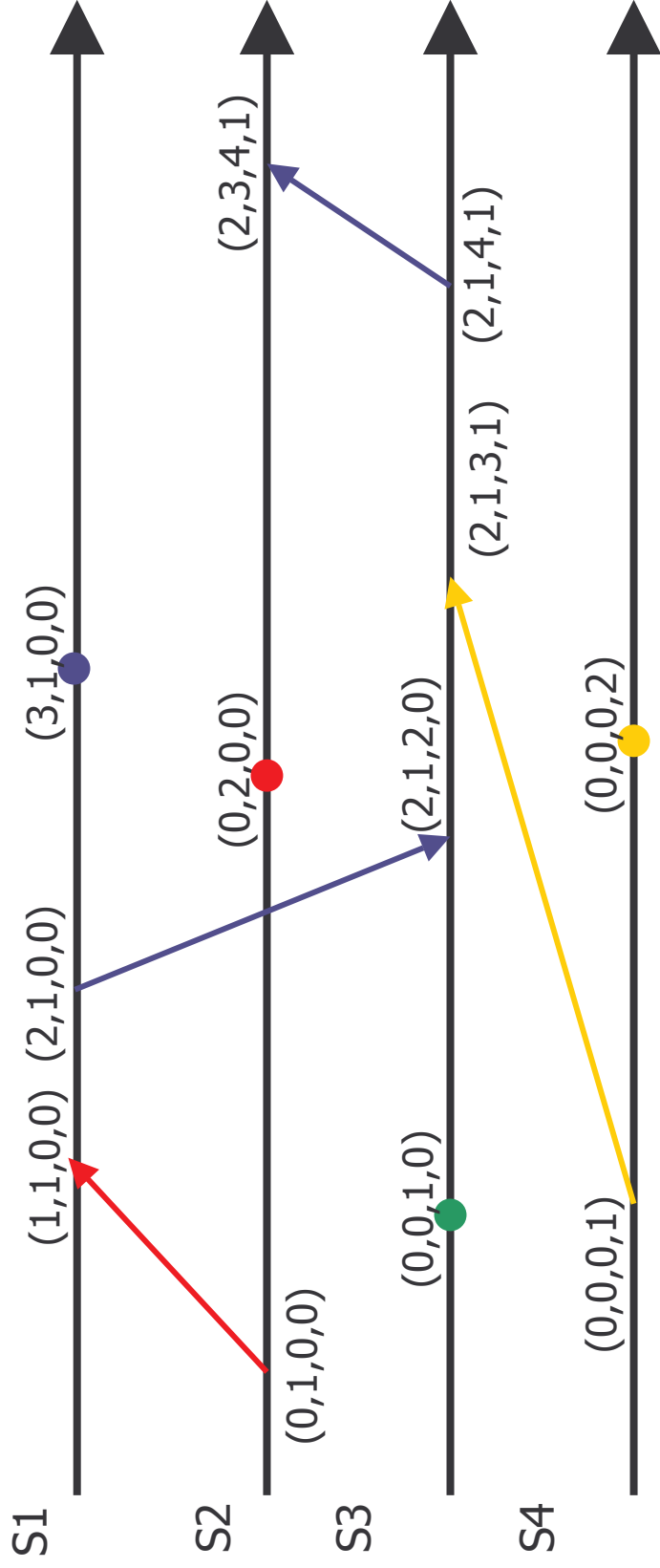
$$(A \leq B) \Leftrightarrow (\forall k \in 1..N, A(k) \leq B(k))$$

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

- 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 .



Horloge vectorielle





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

