

TIW 8

Technologies Web synchrones et multi-dispositifs

CM5 - Édition partagée et algorithmes de synchronisation

Basé sur le cours de Michel Beaudouin-Lafon

<https://aurelient.github.io/tiw8/2021/>

Deux approches

Collaboration-transparent system

- ▶ Partage d'écran/fenêtre d'application mono-utilisateur
- ▶ Tour par tour
- ▶ Exemple: VNC

Collaboration-aware system

- ▶ Conçu pour le travail collaboratif
- ▶ Gestion de la cohérence du contenu
- ▶ Robustesse, un problème de réseau n'affecte pas l'utilisation locale
- ▶ Exemple : Google Docs

Plan

Édition partagée

- ▶ Exemples
- ▶ Principes
- ▶ Défis de la synchronisation

Algorithmes de synchronisation

- ▶ Operational Transform
- ▶ CRDT

Groupware

Aujourd'hui

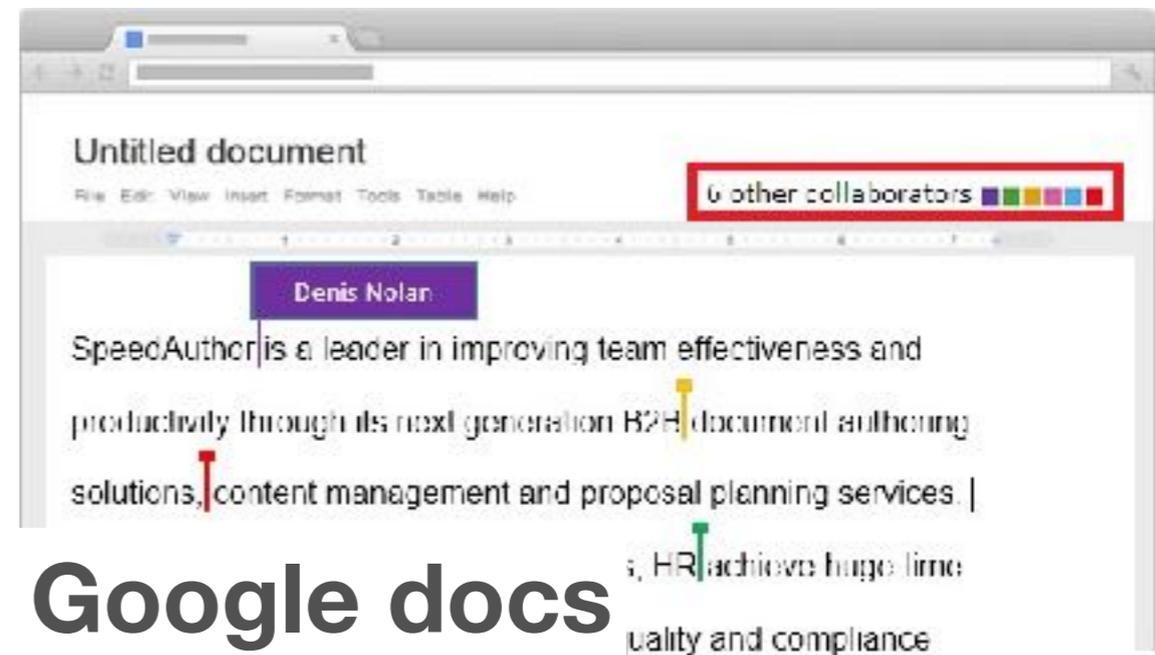
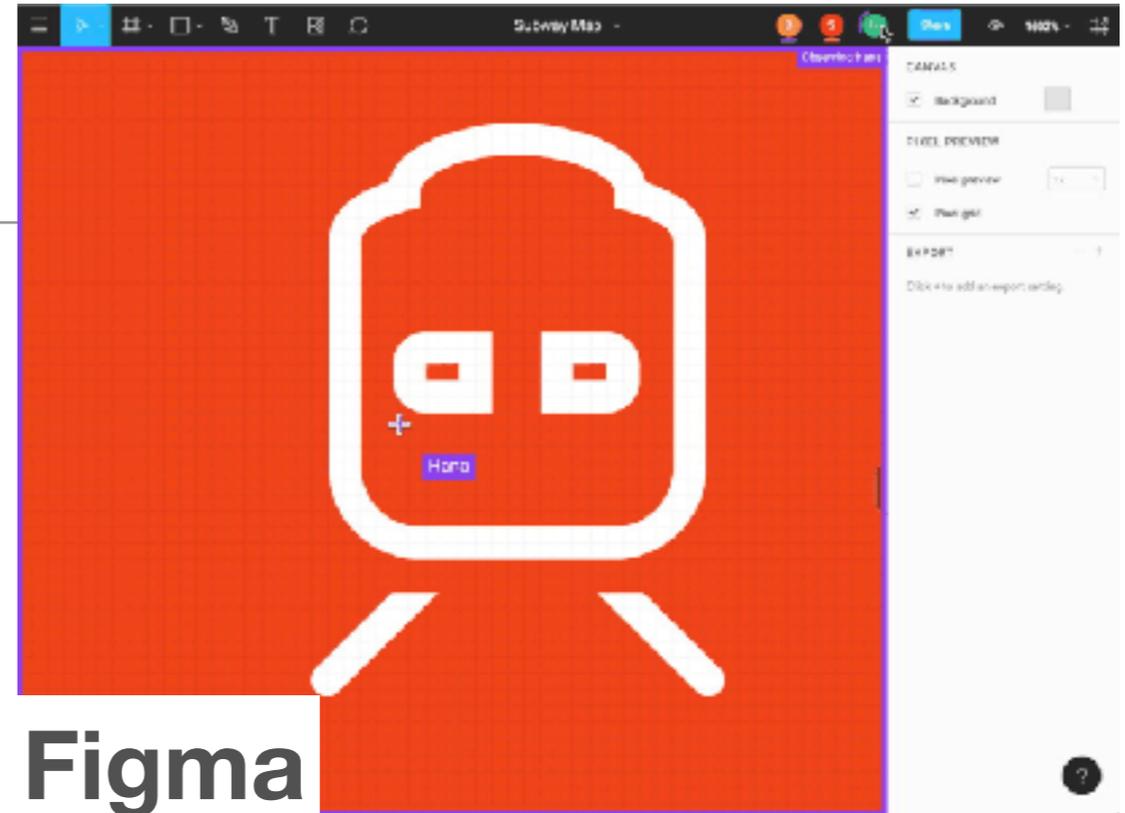
Pads: texte simple

Logiciels de :

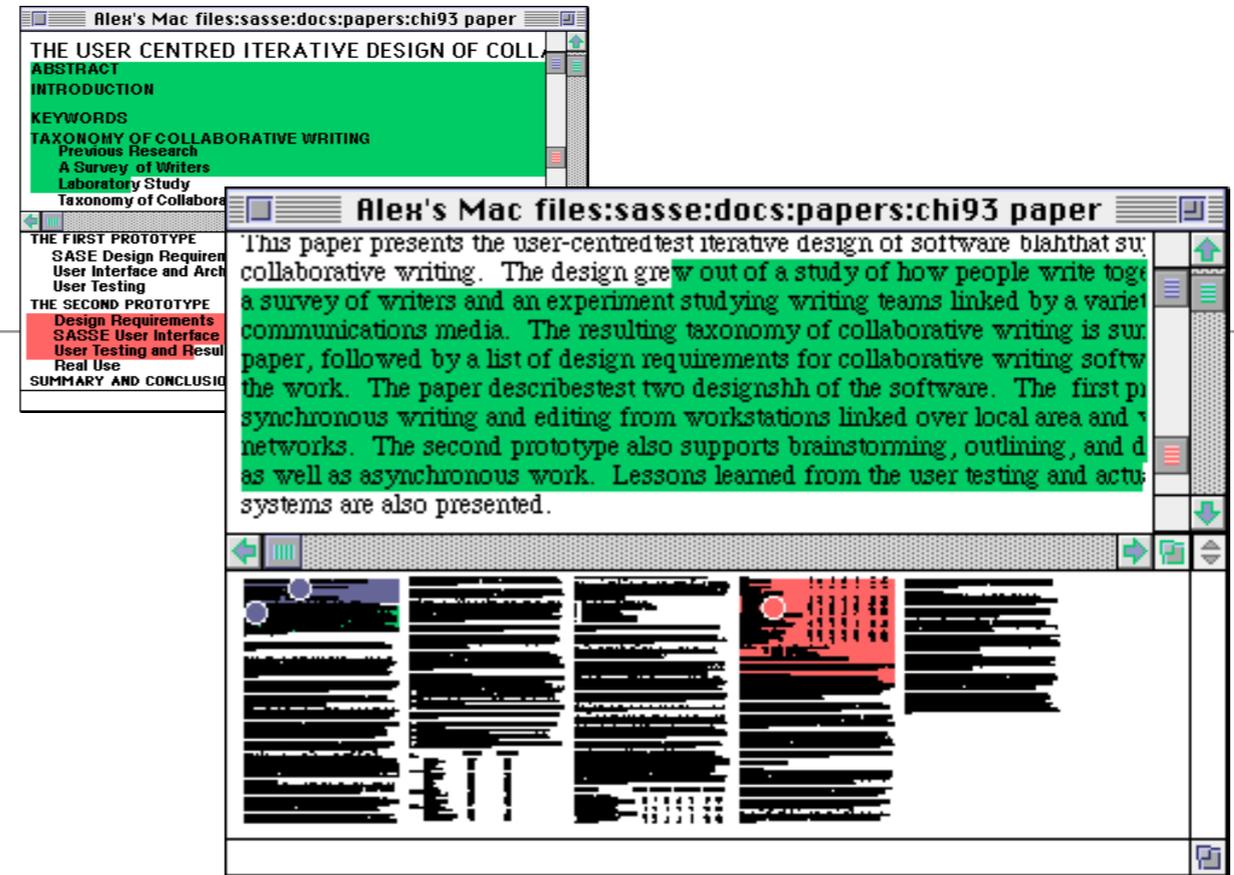
- ▶ Traitement de texte
- ▶ Présentation
- ▶ Tableur
- ▶ ...

Logiciels de dessin

Logiciels 3D



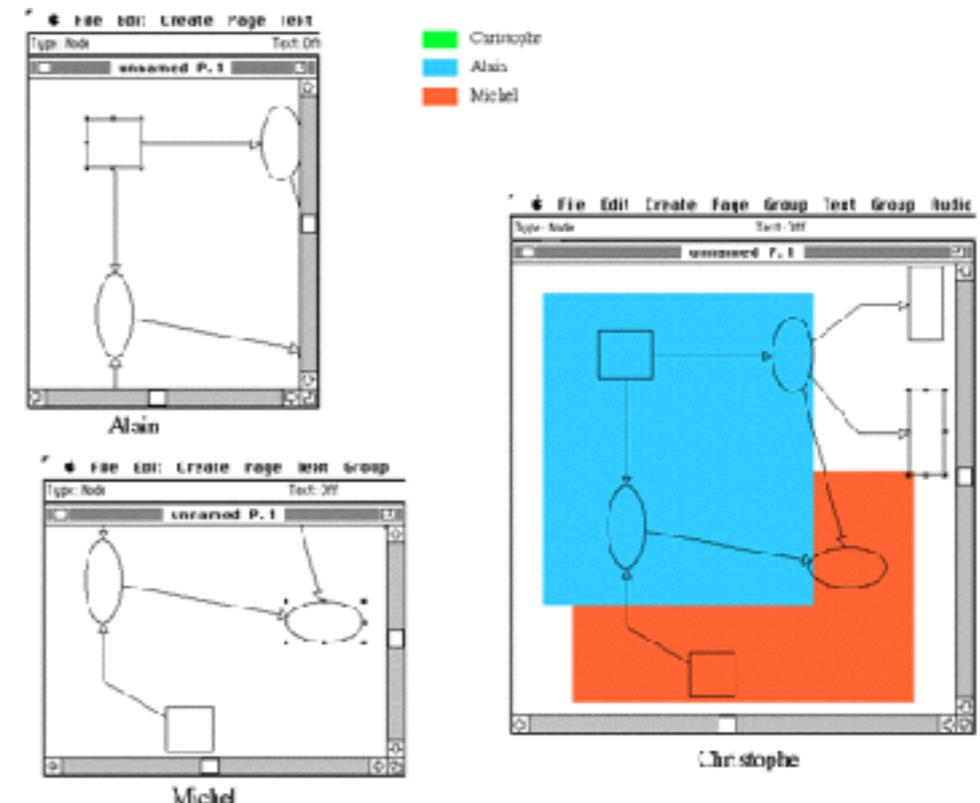
Au début



Éditeurs de texte

Sasse (Baecker et al., 1993)

Logiciels de dessin



GroupDesign (Karsenty, 1992)

Plan

Édition partagée

- ▶ Exemples
- ▶ Principes
- ▶ Défis de la synchronisation

Algorithmes de synchronisation

- ▶ Operational Transform
- ▶ CRDT

Groupware

Édition partagée

Création et édition collaborative de documents partagés.

Coordination : les utilisateurs travaillent dans le même but, avec une coordination implicite ou explicite de leurs actions

- ▶ “*awareness*” : on peut voir, être conscient de ce que font les collaborateurs.
- ▶ Régulation : les collaborateurs, planifient, suivent et évaluent l’activité en cours et ajustent leur comportement

Différents types d'éditeurs

- ▶ Synchrones : changements visibles immédiatement
- ▶ Asynchrone : changements visibles plus tard

- ▶ Homogènes : les utilisateurs utilisent le même logiciel
- ▶ Hétérogènes : les utilisateurs peuvent utiliser des logiciels différents

- ▶ Collaboration-aware: offre des fonctionnalités d'awareness
- ▶ Collaboration-transparent : pas de fonctionnalités d'awareness.

Congruence de vues

- ▶ Partie du document en train d'être regardé

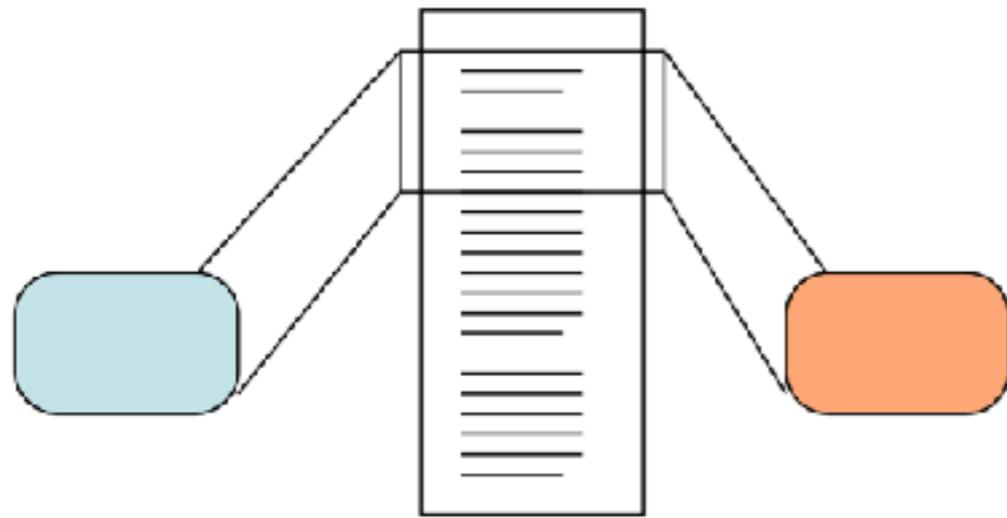
Congruence de l'espace d'affichage

- ▶ Organisation de l'espace de travail

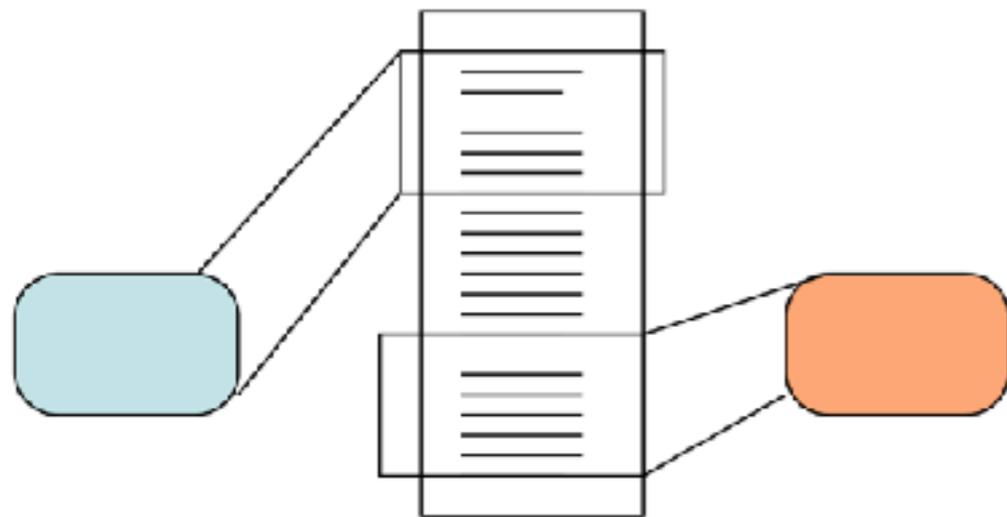
Temporalité de la congruence

- ▶ Quand les changements sont vus par d'autres

WYSIWIS / WYSIAWIS



WYSIWIS
Congruence stricte des vues



WYSIAWIS
Congruence relaxée des vues

Un peu de vocabulaire

- ▶ Participant
- ▶ Session
- ▶ Invitation: Donner accès à un utilisateur à une session
- ▶ Prise de tour (turn-taking) : Quand un utilisateur peut éditer à la fois.
- ▶ Télé-pointeur : représentation du curseur des autres utilisateurs

- ▶ Couplage : comment les actions locales sont liées aux actions distantes
- ▶ Temps de réponse : Temps pour qu'une action soit exécutée localement
- ▶ Temps de notification : Temps pour qu'une action soit exécutée à distance
- ▶ Réplication: Gestion transparente des multiples copies d'un document
- ▶ Robustesse : sensibilité aux fautes

Similarités et différences avec les BDs

Des similarités

- ▶ Plusieurs utilisateurs, localement et à distance, accès concurrents, réplication, tolérance aux fautes...

Des différences : L'utilisateur est en 1e ligne

- ▶ Il est conscient de ce qui se passe, peut résoudre les conflits...
- ▶ Congruence -> travaille t'on au même endroit ou pas
- ▶ Feedthrough -> on peut communiquer sur ce qu'on va faire
- ▶ Latecomers -> des personnes peuvent arriver en cours de route et devoir être mise à jour

Quelles architecture ?

Centralisé :

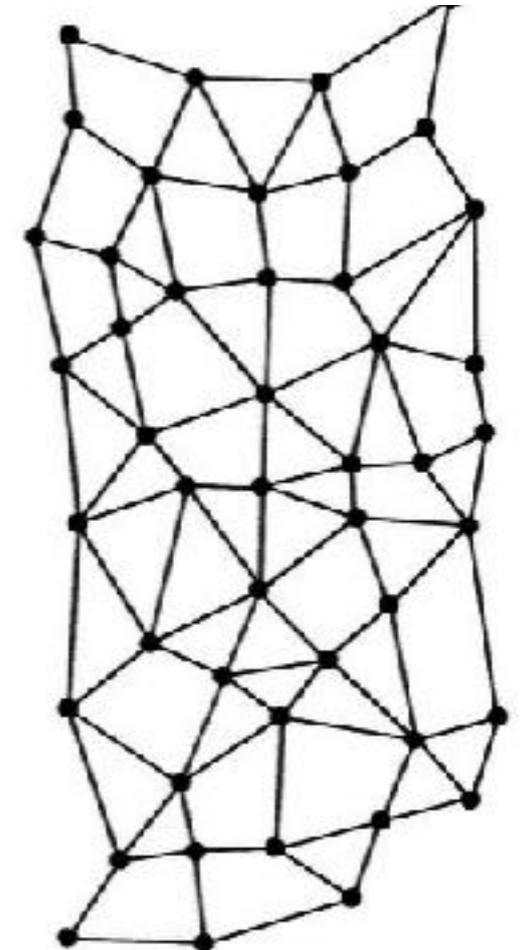
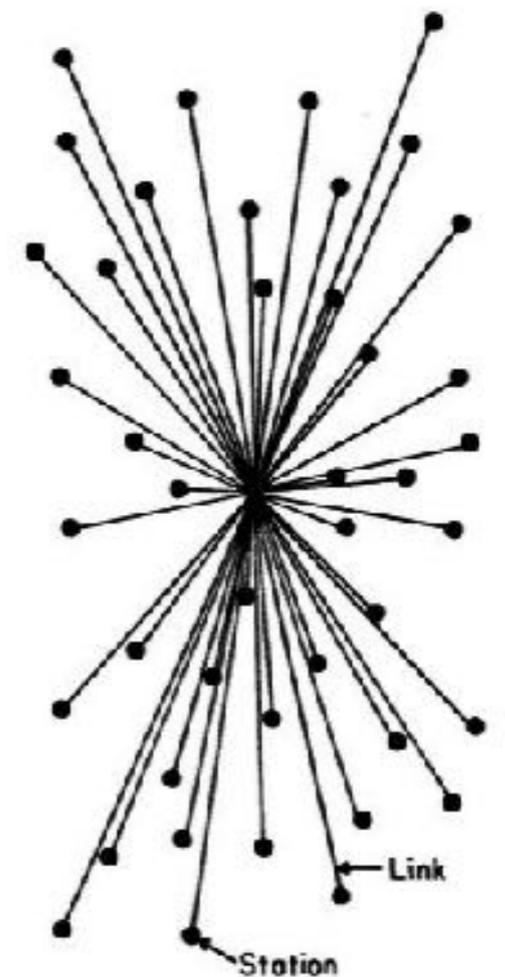
- ▶ Simple, temps de réponse moyen,
- ▶ manque robustesse

Distribué/répliqué :

- ▶ Bon temps de réponse/notification, robuste,
- ▶ complexe à mettre en place (gestion répllication, conflits)

Hybride :

- ▶ répliqué avec quelques fonctions centralisées



Plan

Édition partagée

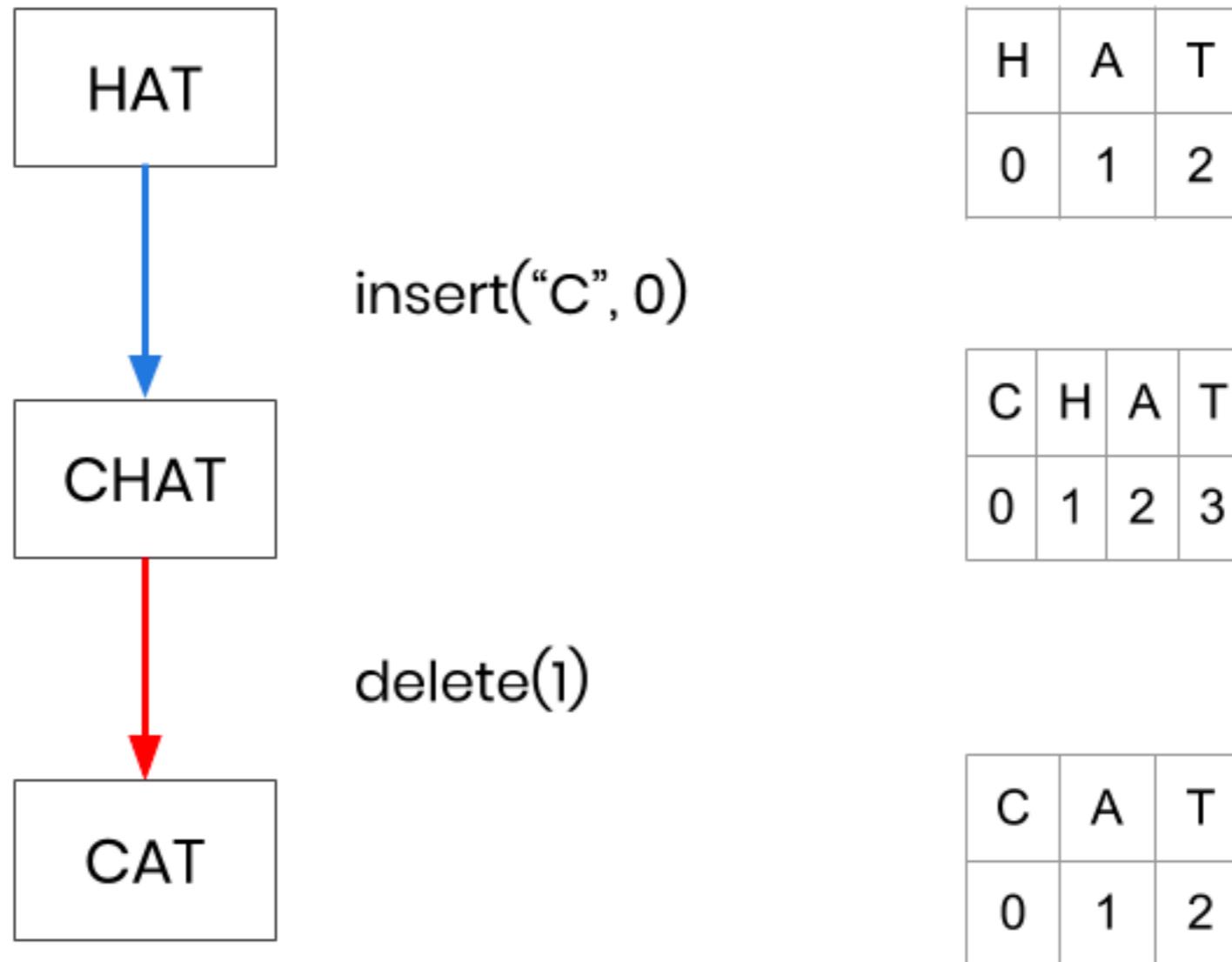
- ▶ Exemples
- ▶ Principes
- ▶ Défis de la synchronisation

Algorithmes de synchronisation

- ▶ Operational Transform
- ▶ CRDT

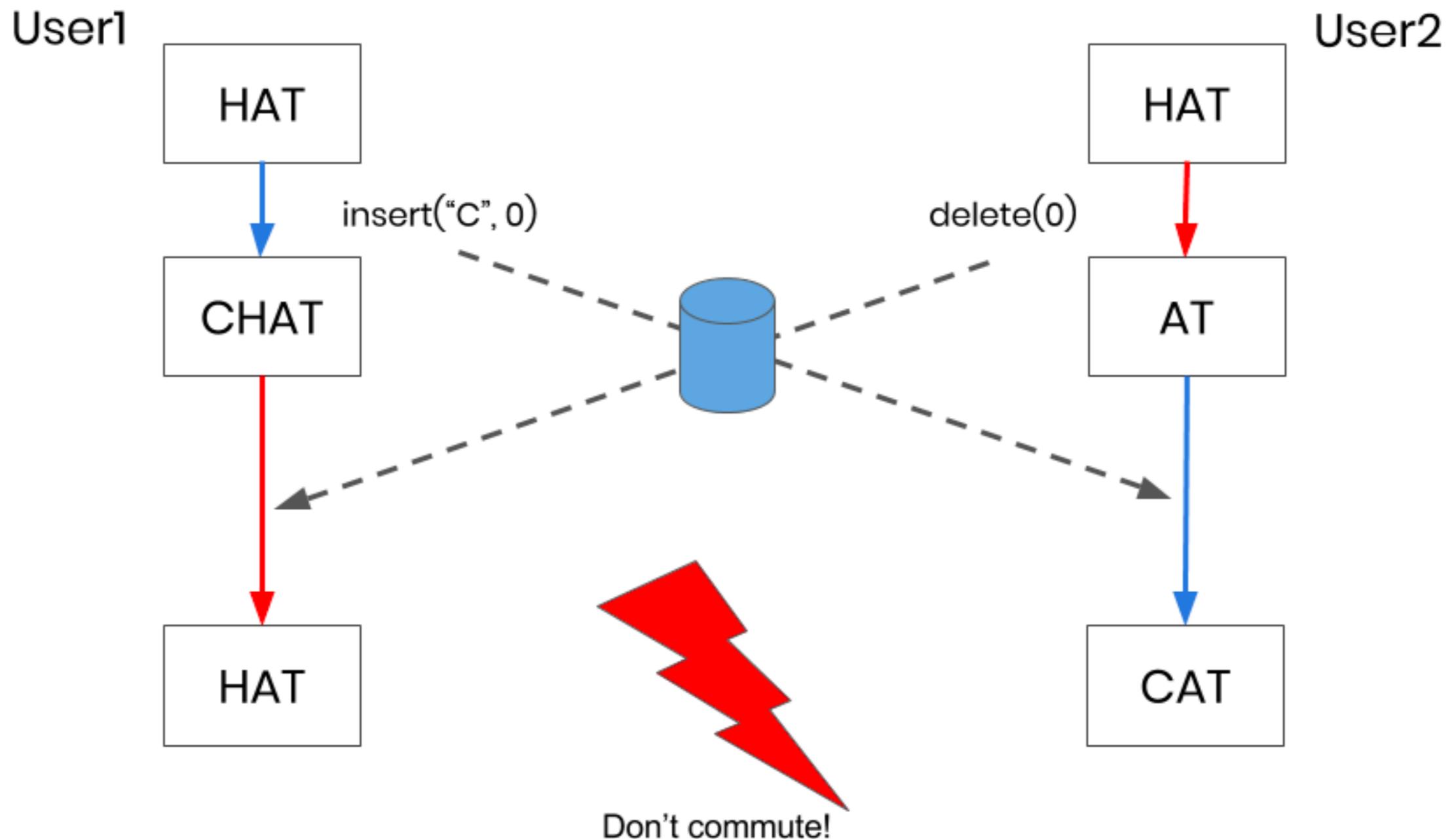
Groupware

Opérations de base



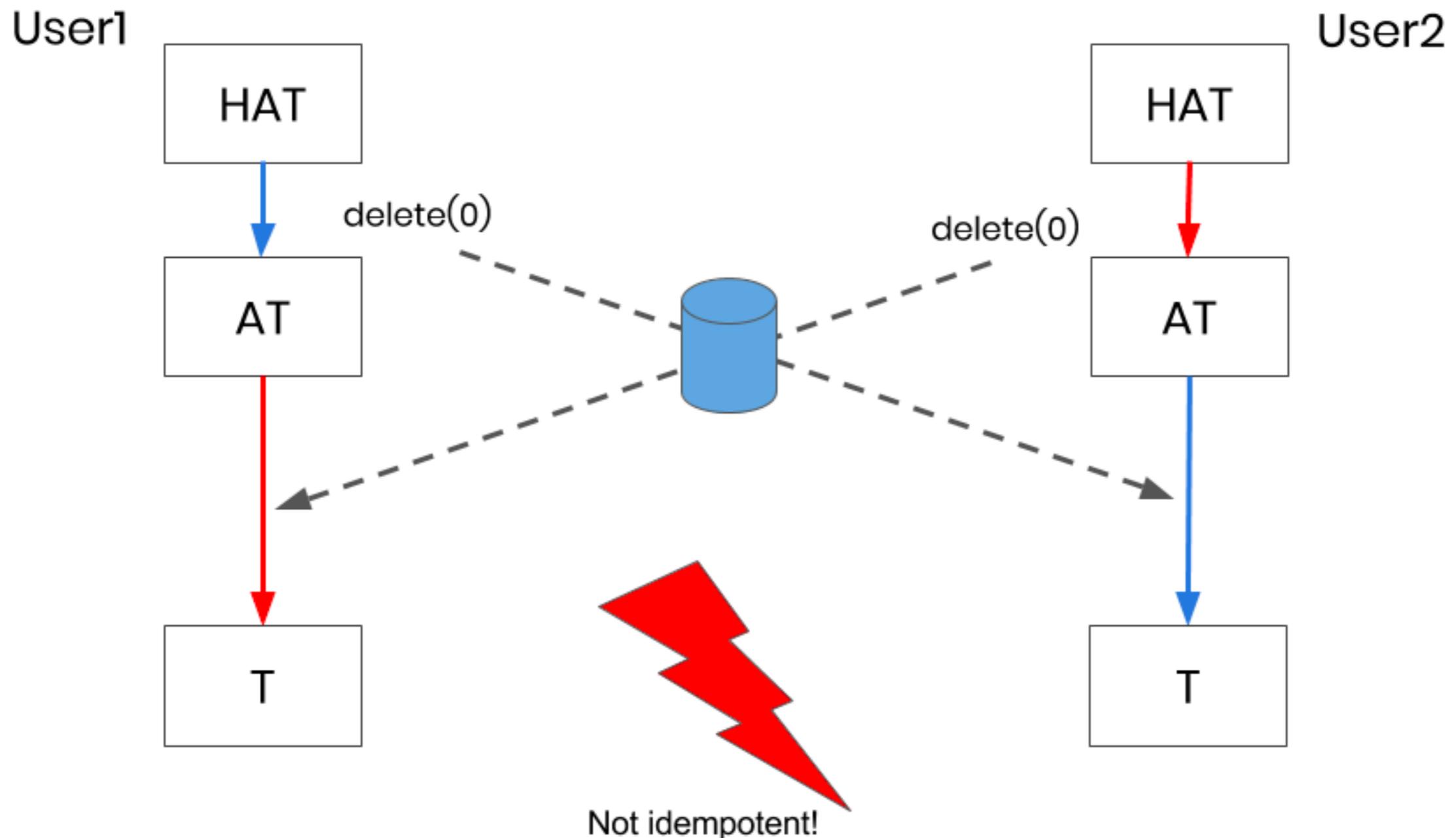
Commutativité

On peut changer l'ordre des opérations sans changer le résultat



Idempotence

Une opération a le même effet qu'on l'applique une ou plusieurs fois



Problèmes

Comment maintenir la cohérence de données distribuées ?

- ▶ Commutativité : les sites envoient des opérations qui doivent converger vers le même résultat quelque soit l'ordre d'application
- ▶ Idempotence : les opérations répétées produisent le même résultat

Deux classes d'algorithmes

- ▶ Pessimistes (locks)
- ▶ Optimistes (events + undo)

Quelques algorithmes optimistes

- ▶ Operational transformation, e.g. dOpt (GROVE)
- ▶ Optimized undo/redo, e.g. ORESTE (GroupDesign)
- ▶ Conflict-Free Replicated Data Type (CRDT)

Plan

Édition partagée

- ▶ Exemples
- ▶ Principes
- ▶ Défis de la synchronisation

Algorithmes de synchronisation

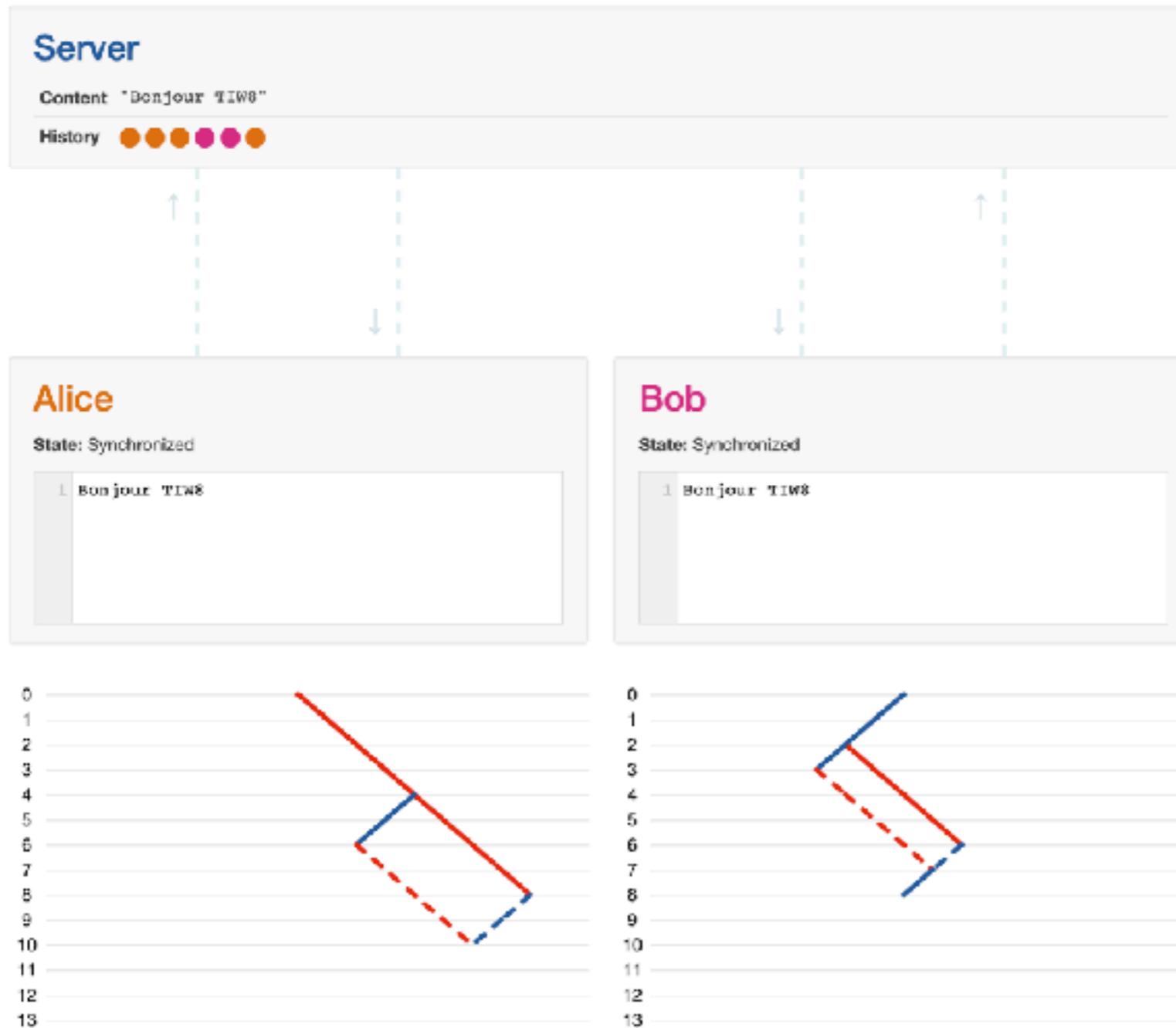
- ▶ Operational Transform
- ▶ CRDT

Groupware

Operational Transform : Principes

- ▶ On ordonne les opérations (lamport timestamps)
-> maintient de la causalité
- ▶ Quand une opération n'arrive pas dans l'ordre elle est **transformée** pour prendre en compte les effets des opérations qui ont eu lieu avant.
- ▶ Pour toute paire d'opérations op1, op2,
 - ▶ Quand op2 arrive après op1 (qui a eu lieu avant)
 - ▶ On effectue une transformation $T(\text{op1}, \text{op2}) = \text{op}'2$, telle que
 - ▶ $\text{op}'2(\text{op1}(\text{text})) = \text{op1}(\text{op2}(\text{text}))$
- ▶ Quand une opération arrive elle est transformée par celle qui ont eu lieu avant
- ▶ Peut nécessiter le maintien d'un historique infini

Démo interactive (avec serveur)



<https://operational-transformation.github.io/visualization.html>

Operational Transform

- ▶ Créer les transformations est difficile
- ▶ Peu/pas de preuve formelle
 - ▶ De nombreuses propositions alternatives
- ▶ Propriétés
 - ▶ Préservation de la causalité : les opérations qui dépendent les unes des autres sont exécutée dans le même ordre sur la même page.
 - ▶ Convergence : le même état sur toutes les pages qui ont traité tous les messages
 - ▶ Conservation des intentions : fait ce que l'utilisateur veut
- ▶ Bibliothèque : share.js
- ▶ Retour d'expérience sur le développement de Google Wave

Plan

Édition partagée

- ▶ Exemples
- ▶ Principes
- ▶ Défis de la synchronisation

Algorithmes de synchronisation

- ▶ Operational Transform
- ▶ CRDT

Groupware

Conflict-Free Replicated Data Type (CRDT)

<https://hal.inria.fr/inria-00609399/document>

- ▶ Décentralisé
- ▶ Un type de données répliqué + interface qui fait que :
 - ▶ Les répliques puissent être modifiées sans coordinations avec les autres répliques
 - ▶ Quand deux répliques reçoivent les mêmes mises à jour, elle atteigne le même état, de manière déterministe
- ▶ Propriétés
 - ▶ Grow-only set :
 - ▶ Last-writer-wins register
- ▶ Plus simple à appréhender que Operational Transform
- ▶ Comme OT, de nombreuses variantes.

Chaque élément devient un objet

A



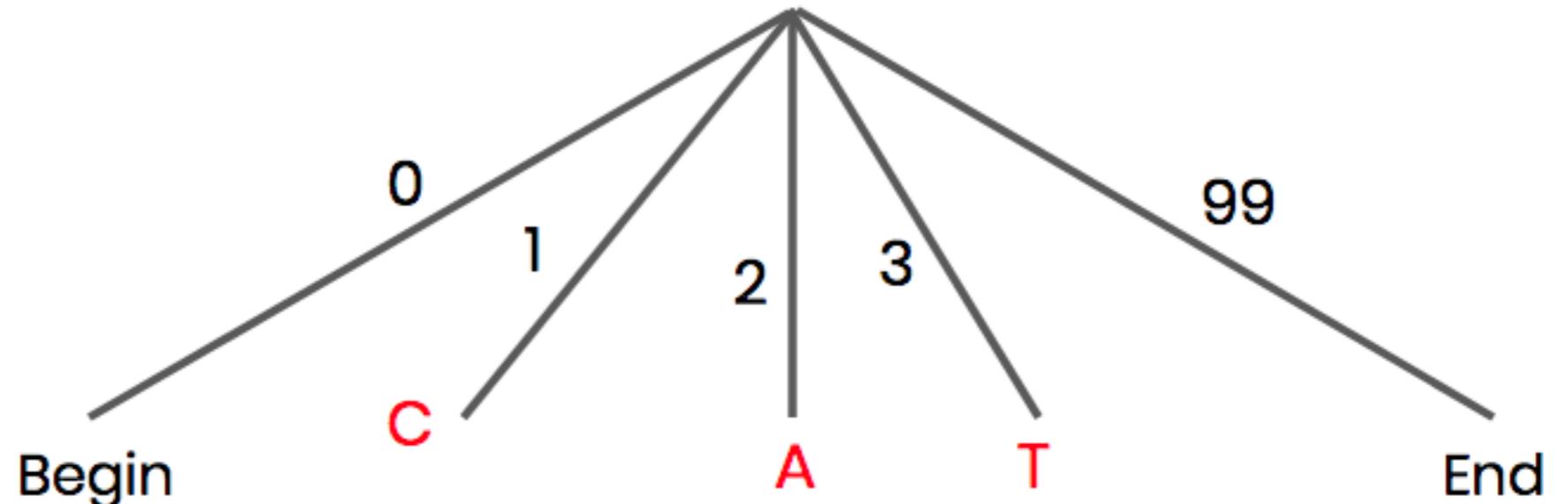
Character Object	
siteId	"skj7-329d"
value	"A"
position	[8, 9]

- ▶ siteId: un identifiant de l'utilisateur
- ▶ value: la lettre qui l'objet représente
- ▶ position: une liste d'entier représentant la position du caractère dans le document, cette position est relative aux caractères autour.

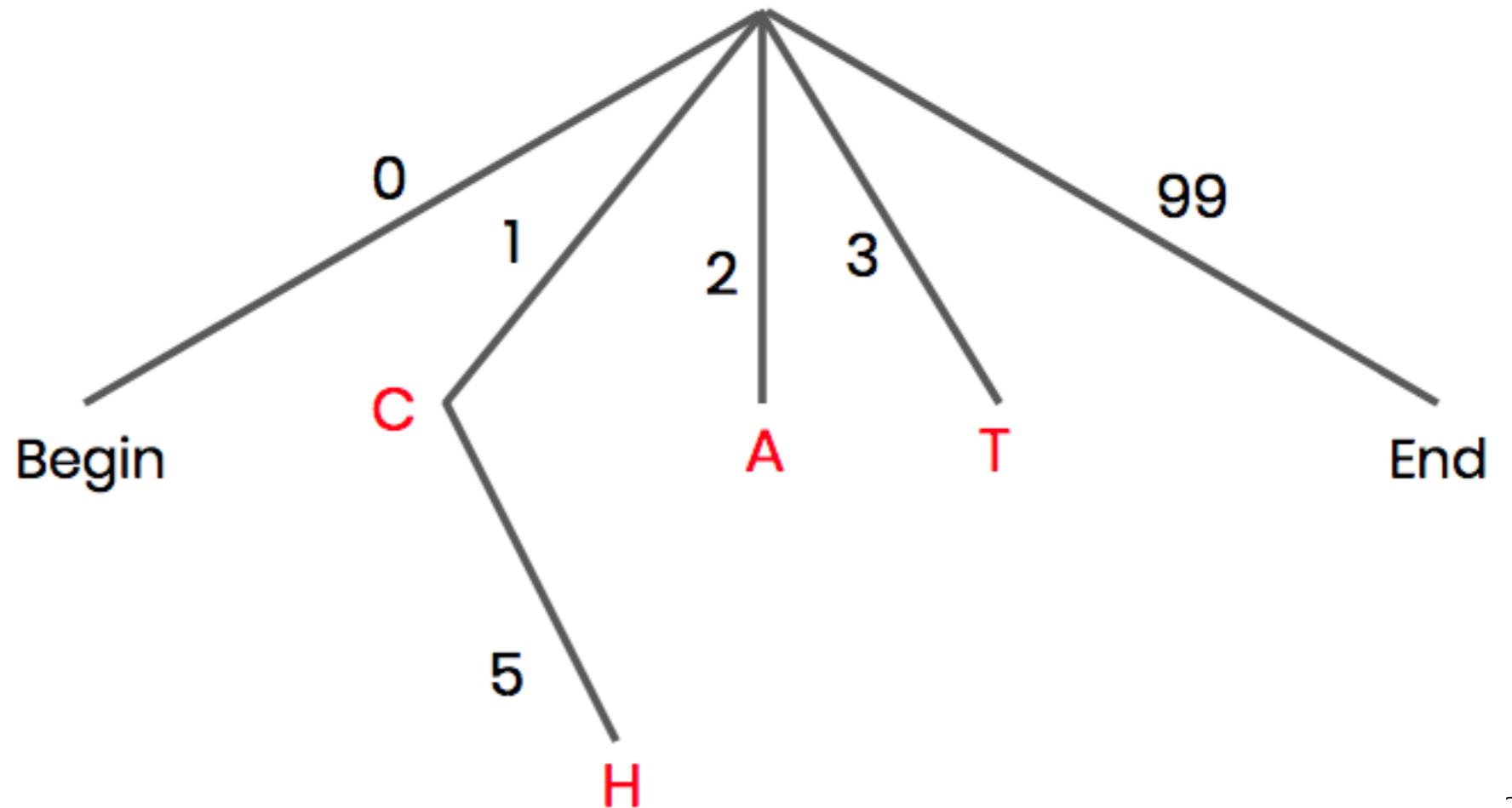
Structure d'arbre

<https://hackernoon.com/building-conclave-a-decentralized-real-time-collaborative-text-editor-a6ab438fe79f>

1. CAT



2. CHAT

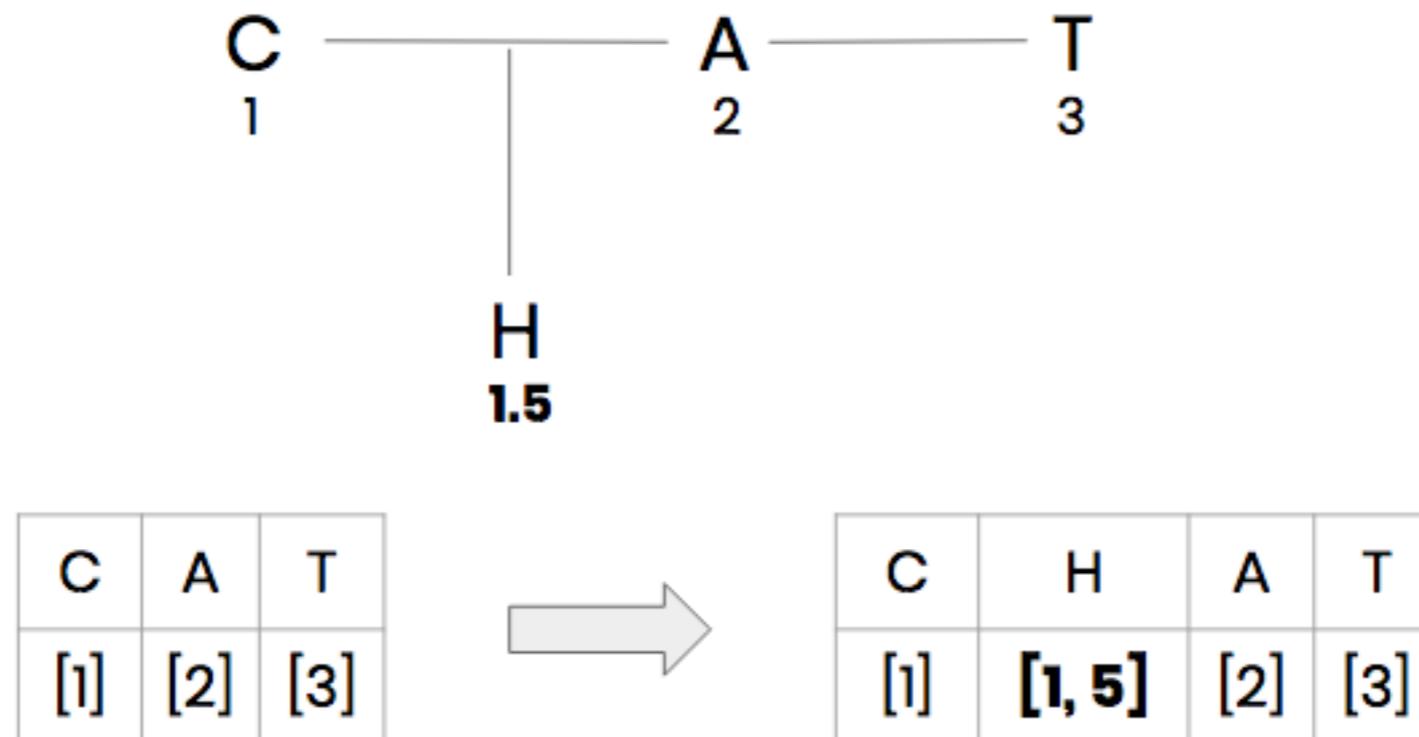


Données

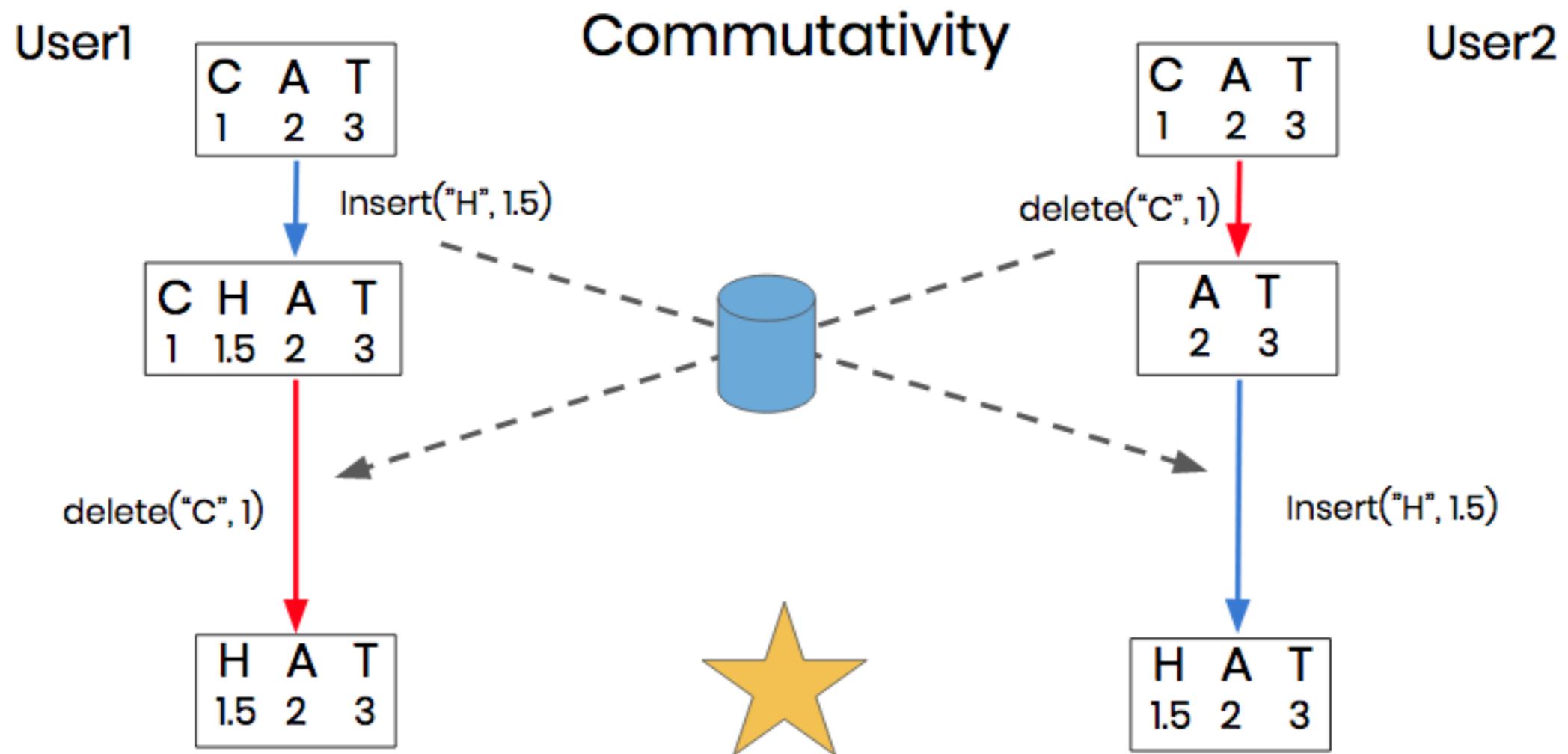
<https://hackernoon.com/building-conclave-a-decentralized-real-time-collaborative-text-editor-a6ab438fe79f>

Structure de données correspondante

► Positions relatives

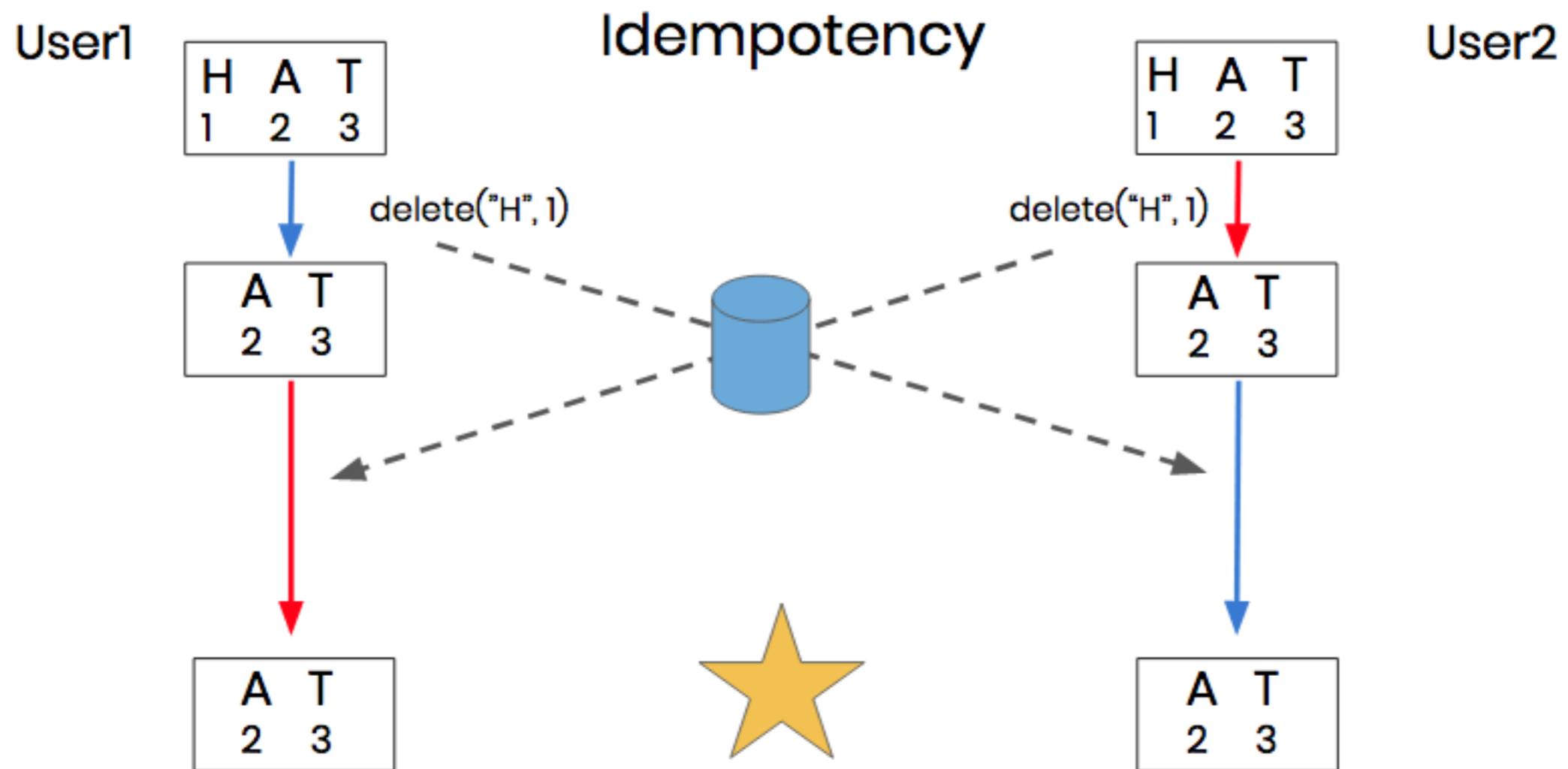


Commutativité



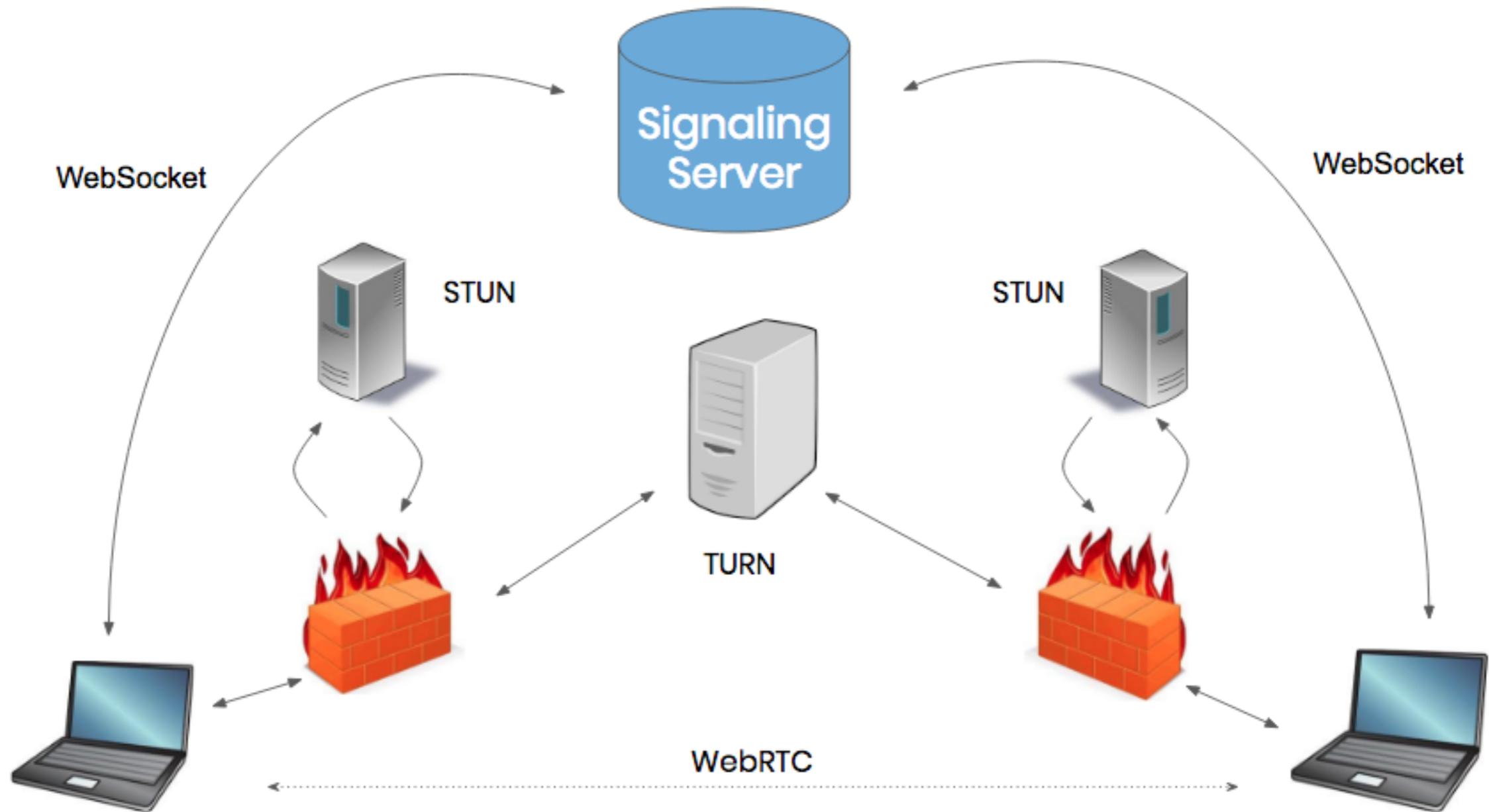
<https://hackernoon.com/building-conclave-a-decentralized-real-time-collaborative-text-editor-a6ab438fe79f>

Idempotence

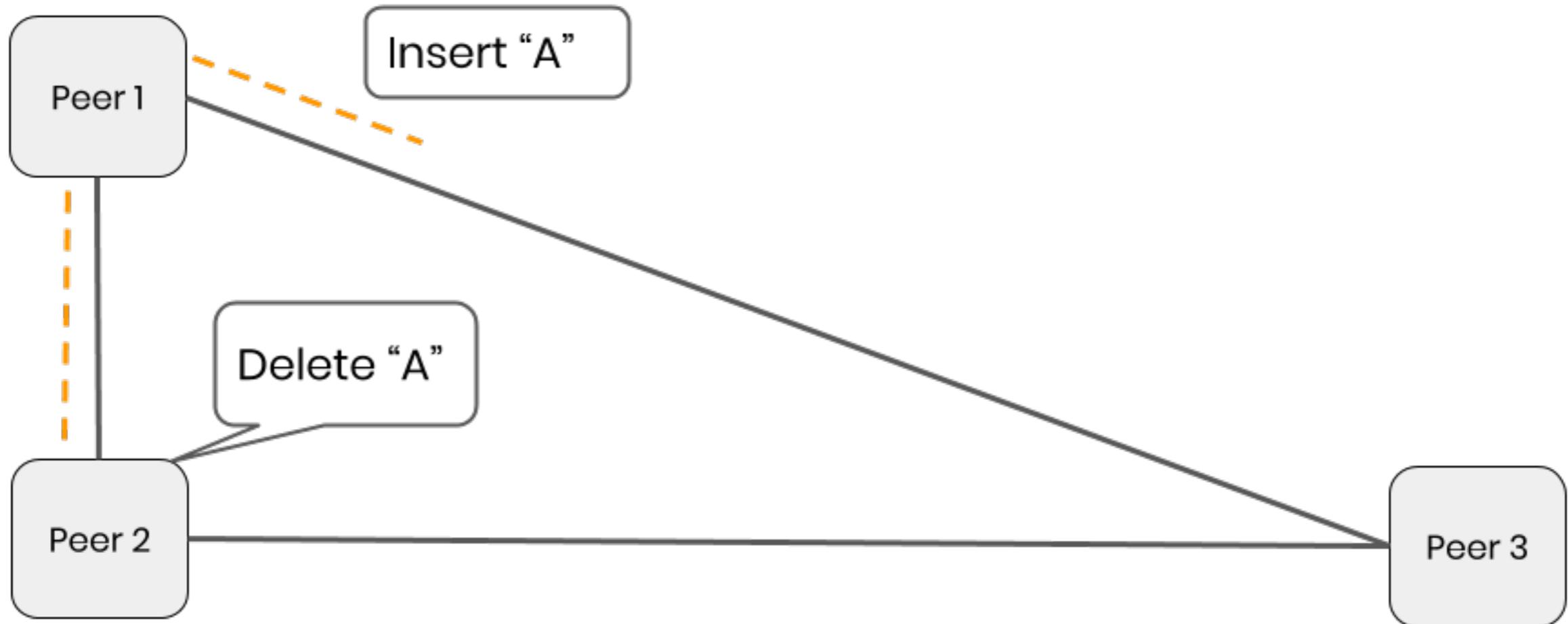


<https://hackernoon.com/building-conclave-a-decentralized-real-time-collaborative-text-editor-a6ab438fe79f>

Décentralisation -> WebRTC



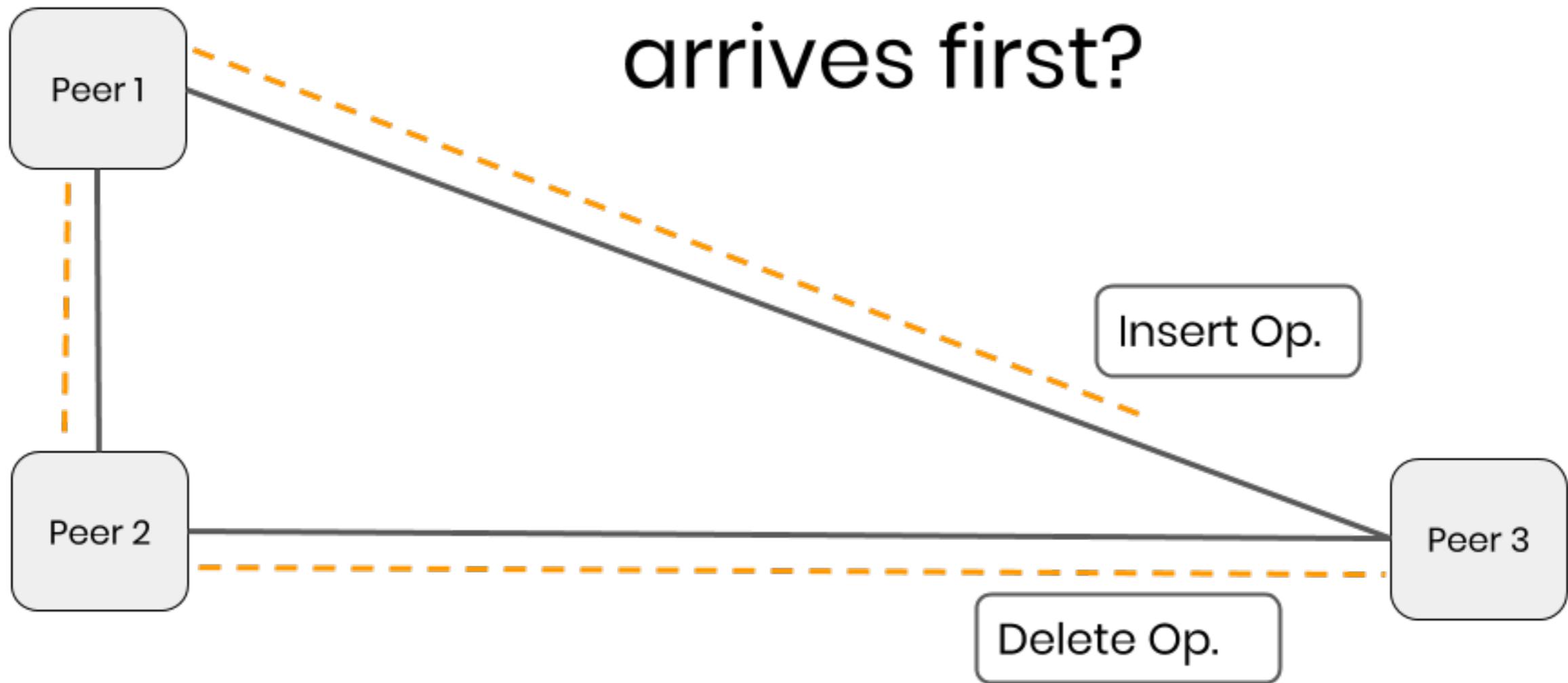
Causalité en distribué



<https://hackernoon.com/building-conclave-a-decentralized-real-time-collaborative-text-editor-a6ab438fe79f>

Causalité en distribué

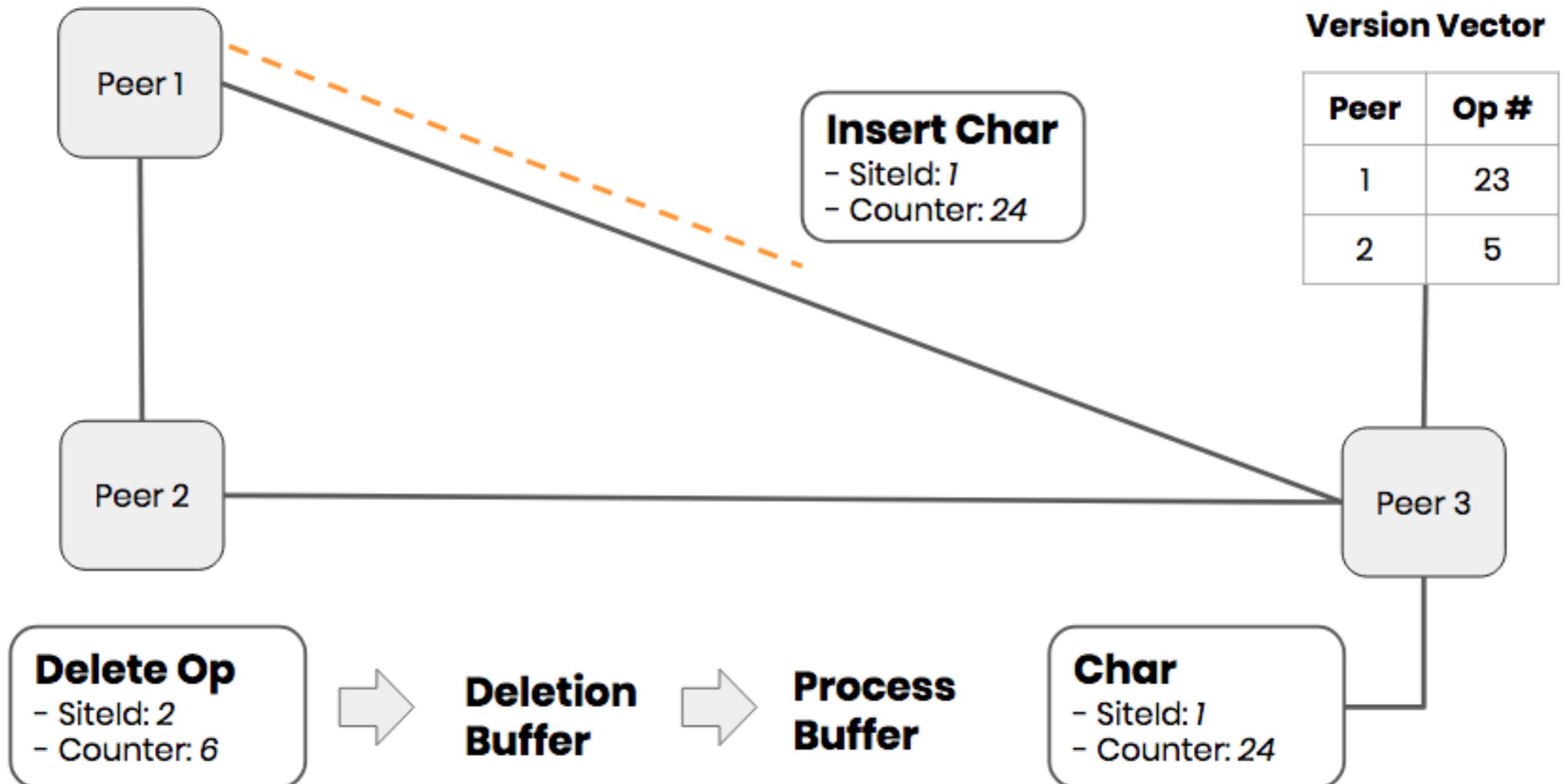
What if the delete arrives first?



<https://hackernoon.com/building-conclave-a-decentralized-real-time-collaborative-text-editor-a6ab438fe79f>

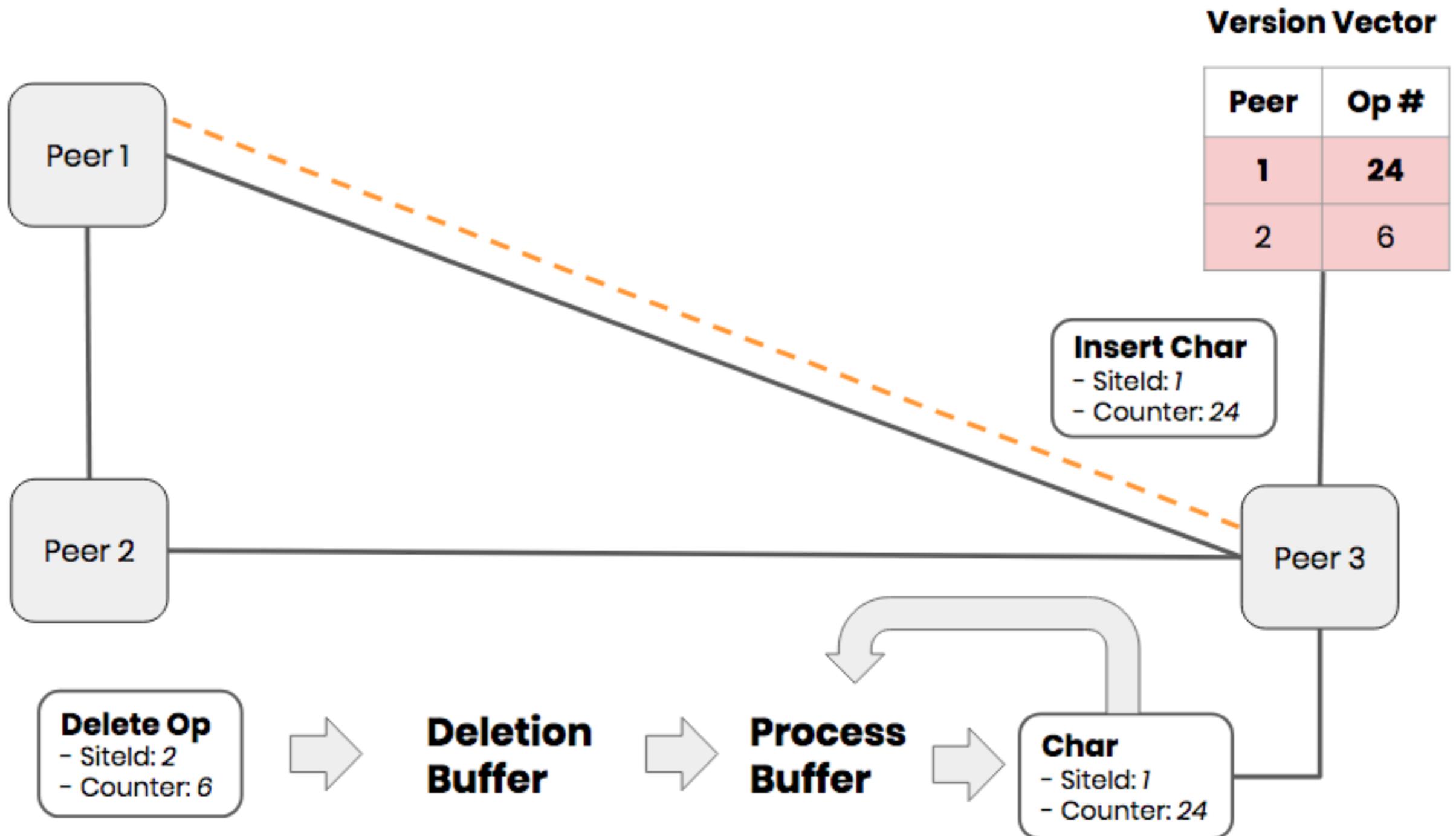
Causalité en distribué

<https://hackernoon.com/building-conclave-a-decentralized-real-time-collaborative-text-editor-a6ab438fe79f>



Causalité en distribué

<https://hackernoon.com/building-conclave-a-decentralized-real-time-collaborative-text-editor-a6ab438fe79f>



CRDT

Si les objets sont simples (ex : lettre) alors peu d'intérêt

Des cas pratiques d'application :

- ▶ Voir les optimisations de Conclave sur la structure d'objet :
<https://conclave-team.github.io/conclave-site/#optimizations>
- ▶ Chez Figma, principes de CRDT mais centralisé :
<https://www.figma.com/blog/how-figmas-multiplayer-technology-works/>

Des pistes pour intégrer CRDT et Operational Transform

- ▶ [Operational Replicated Data Types](#)

Exemple sur du texte riche

<https://www.inkandswitch.com/peritext/>

```
{  
  action: "addMark",  
  opId: "19@A",  
  start: { type: "before", opId: "5@A" },  
  end:   { type: "after",  opId: "16@B" },  
  markType: "link",  
  url: "https://www.google.com/search?q=jumping+fox"  
}
```



Mark types can include additional metadata, such as a hyperlink. Note that unlike bold marks, which end on the character *after* the span, links end on the *last* character of the span. This approach prevents the link from growing when new text is appended.

Aller plus loin



<https://github.com/automerge/automerge>



<https://github.com/yjs/yjs>

CRDT the hard parts



Martin Kleppmann, University of Cambridge
@martinkl mk428@cst.cam.ac.uk



Ink & Switch

LEVERHULME
TRUST



Quelles similarités, quelles différences
avec les jeux vidéos ?

Plan

Édition partagée

- ▶ Exemples
- ▶ Principes
- ▶ Défis de la synchronisation

Algorithmes de synchronisation

- ▶ Operational Transform
- ▶ CRDT

Groupware

Quels outils pour développer cela ?

Peu encore aujourd'hui

Des prototypes de recherche :

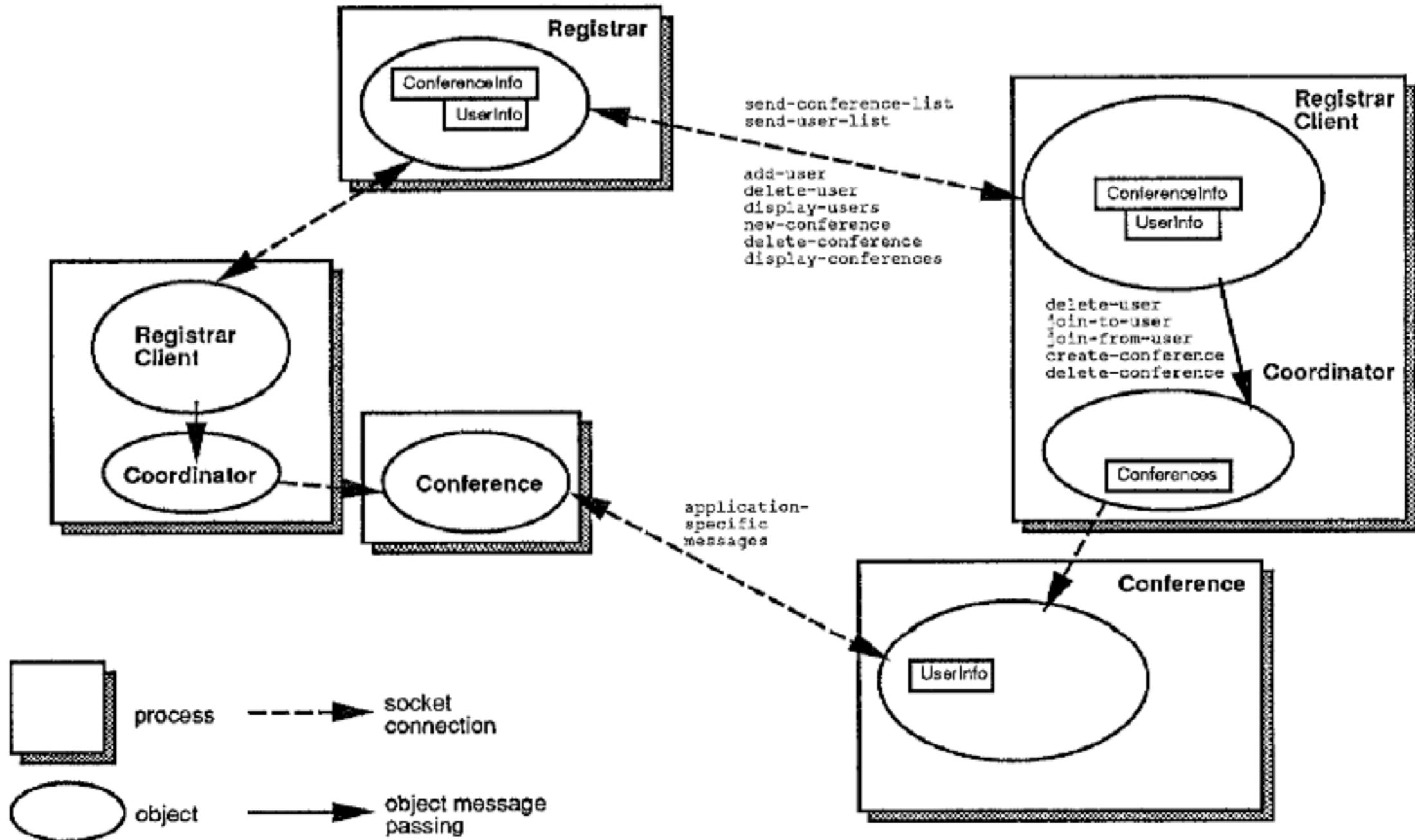
- ▶ Groupkit (Univ. de Calgary)
- ▶ ReticularSpaces (IT University of Copenhagen)

Groupkit

- ▶ Gestion de sessions utilisateurs (arrivées, départs)
- ▶ Gestion de la distribution de données (1:1, 1:n)
- ▶ Widgets spécifiques pour l'interaction collaborative

GroupKit : architecture

https://www.researchgate.net/publication/220878991_GROUPKIT_A_Groupware_Toolkit_for_Building_Real-Time_Conferencing_Applications



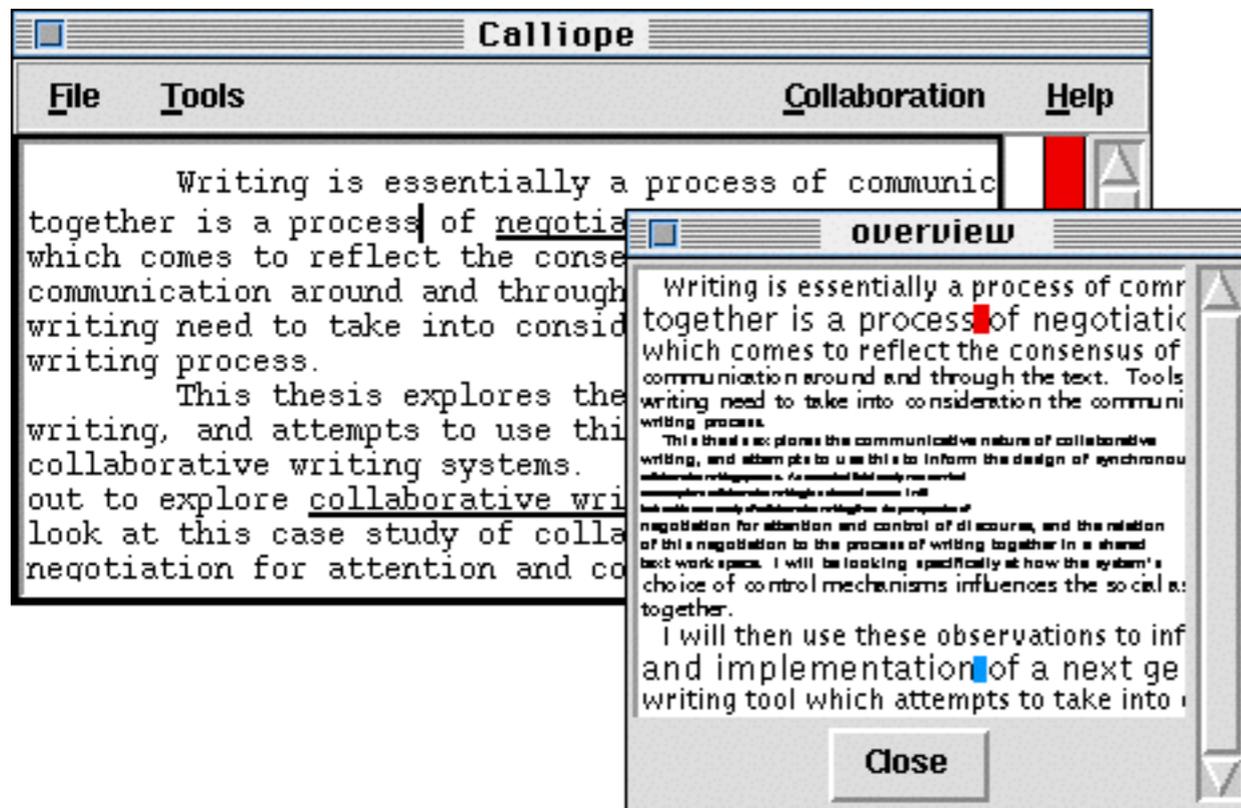
Faciliter l'awareness

- ▶ Qui participe à l'activité ?
- ▶ Où sont-ils ?
- ▶ Que voient-ils ?

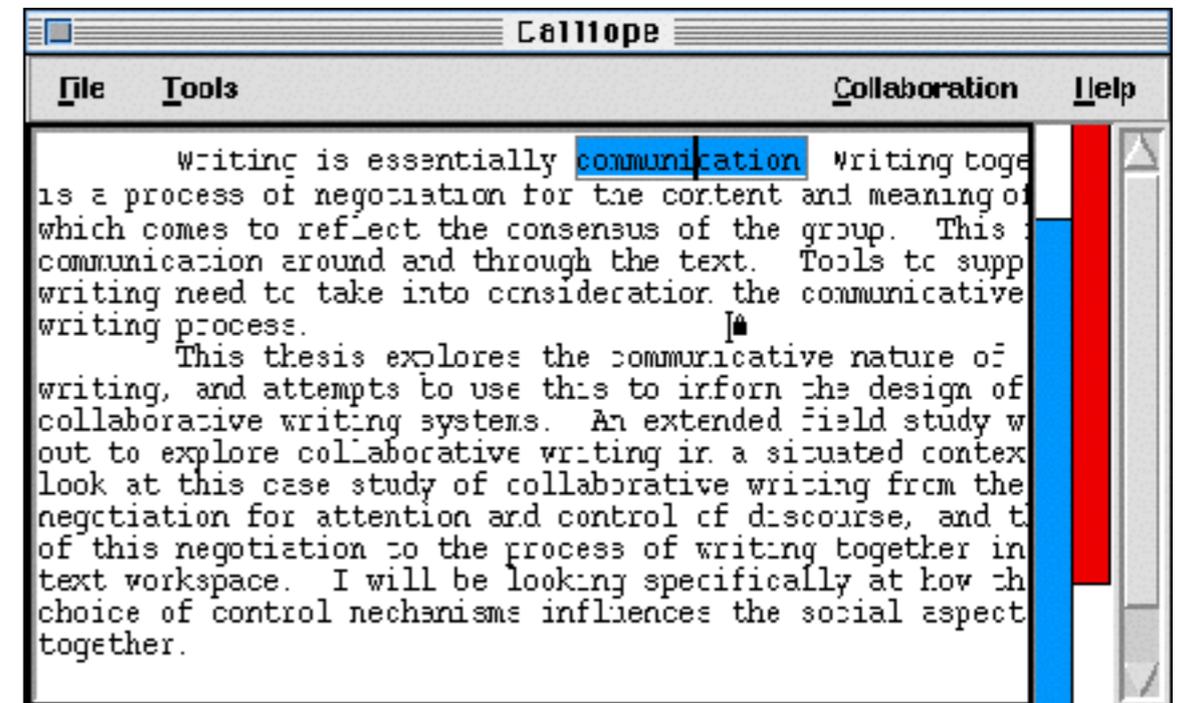
- ▶ Quel est leur niveau d'activité ?
- ▶ Que font-ils, qu'utilisent-ils ?
- ▶ De quoi ont-ils besoin ?

- ▶ Que vont-ils faire ?
- ▶ Que peuvent-ils faire ?

Awareness widgets

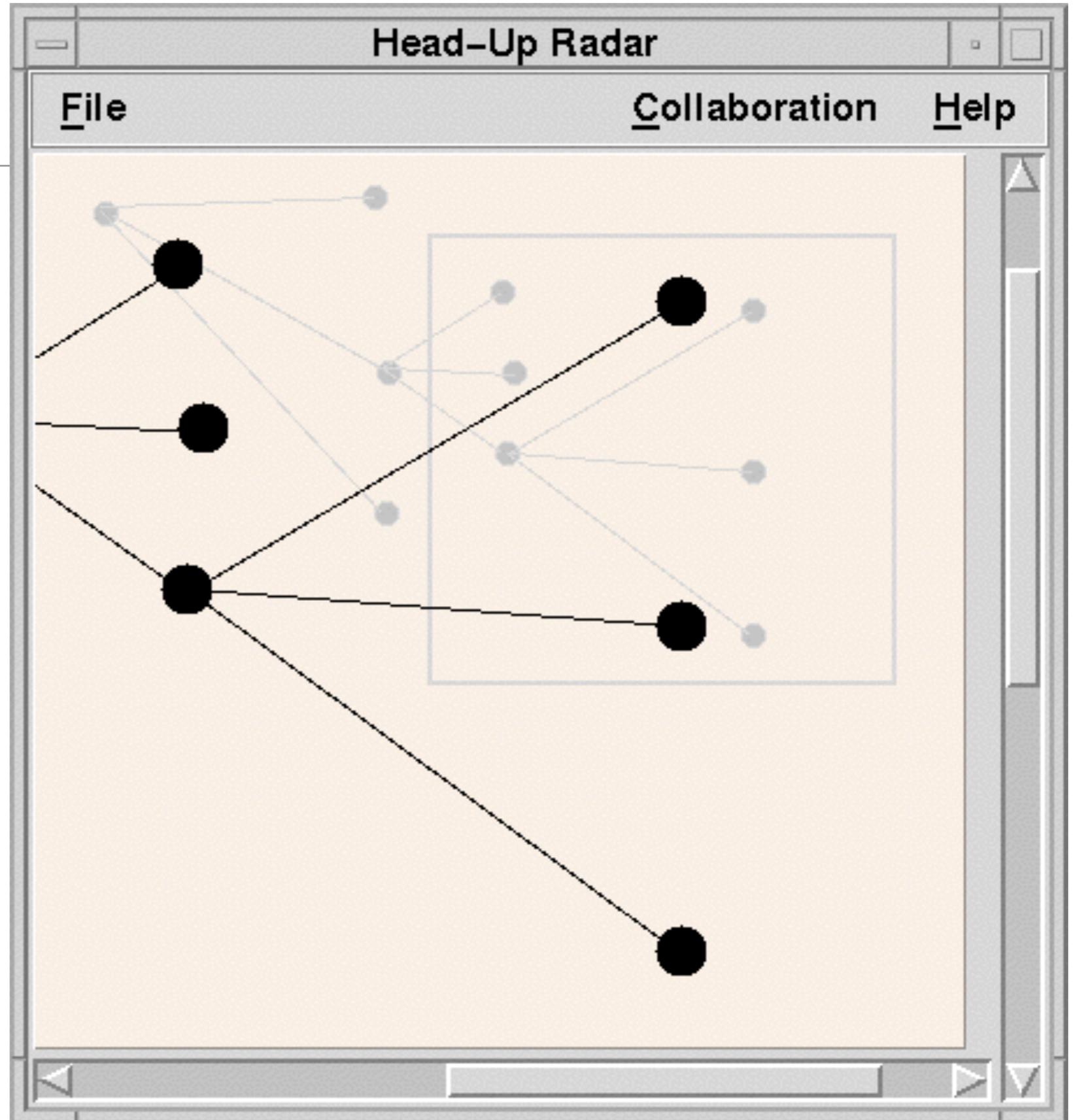


Télé-pointeurs

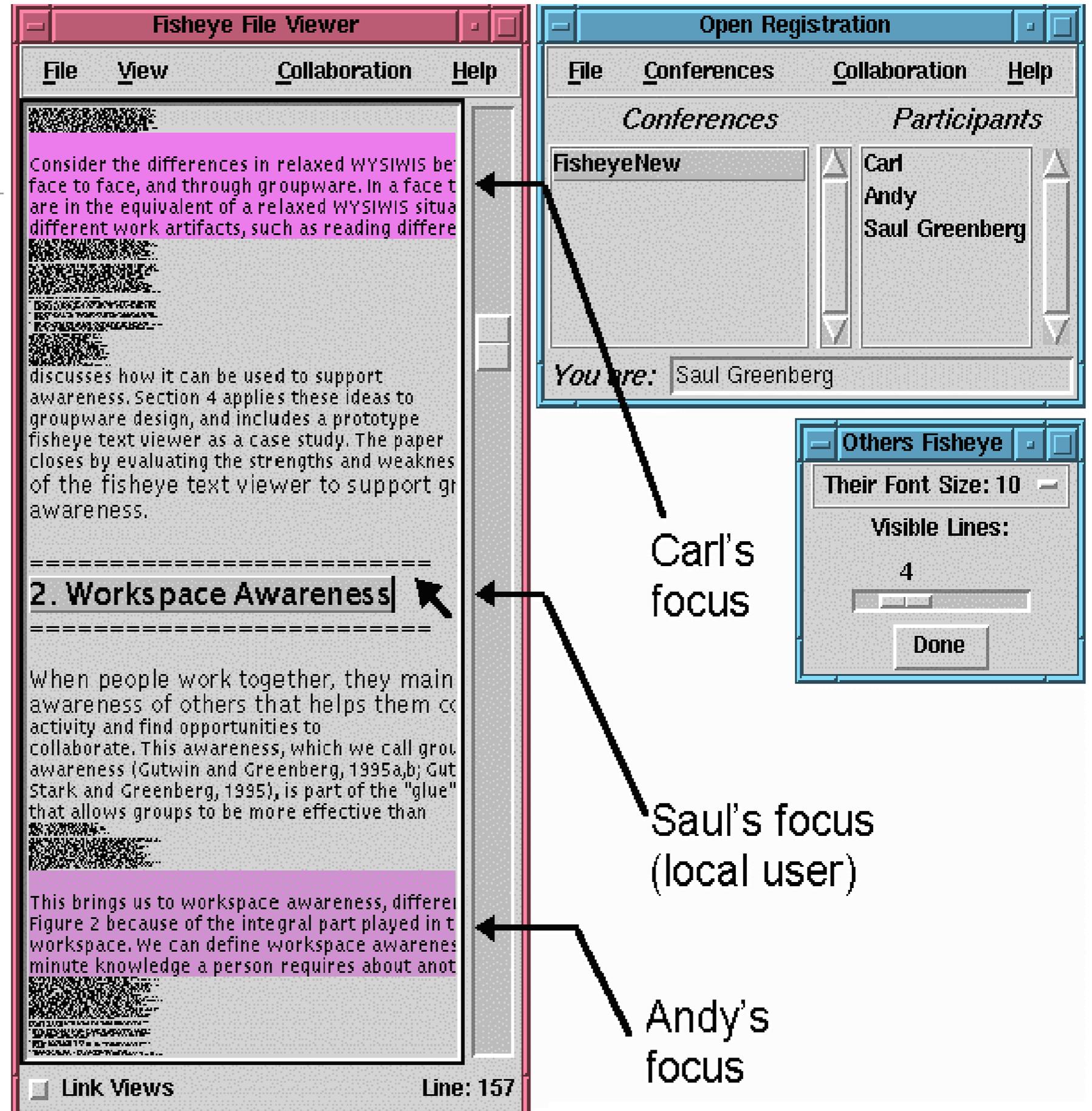


Barres de défilement multiples

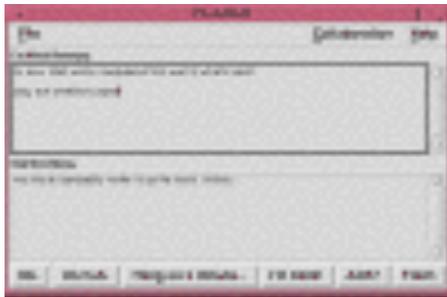
Vue radar



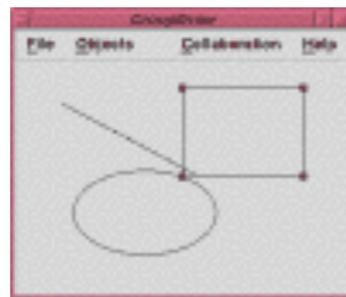
Vue Fisheye



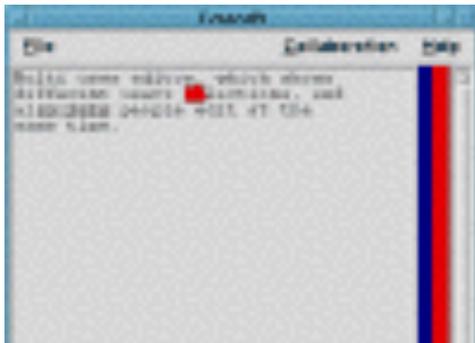
GroupKit : applications



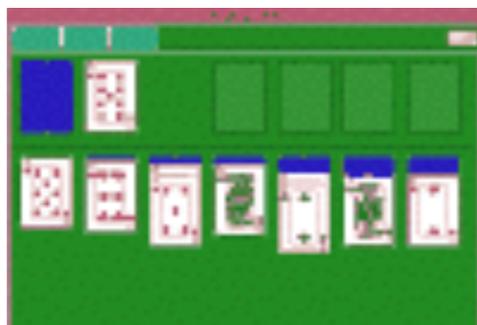
- ▶ Brainstorming
- ▶ Text chat (talk à plusieurs)



- ▶ Dessin (bitmap ou vectoriel)
- ▶ Edition de graphes



- ▶ Consultation de fichier
- ▶ Editeurs de texte

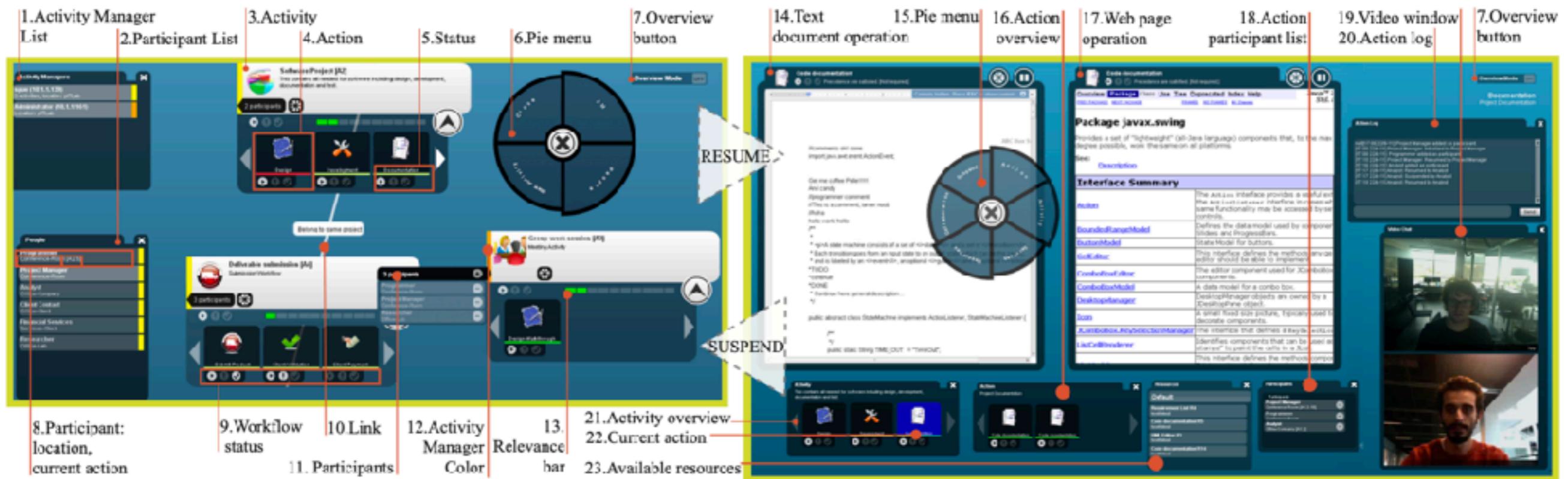


- ▶ Jeux (morpion, cartes, tetrominoes)

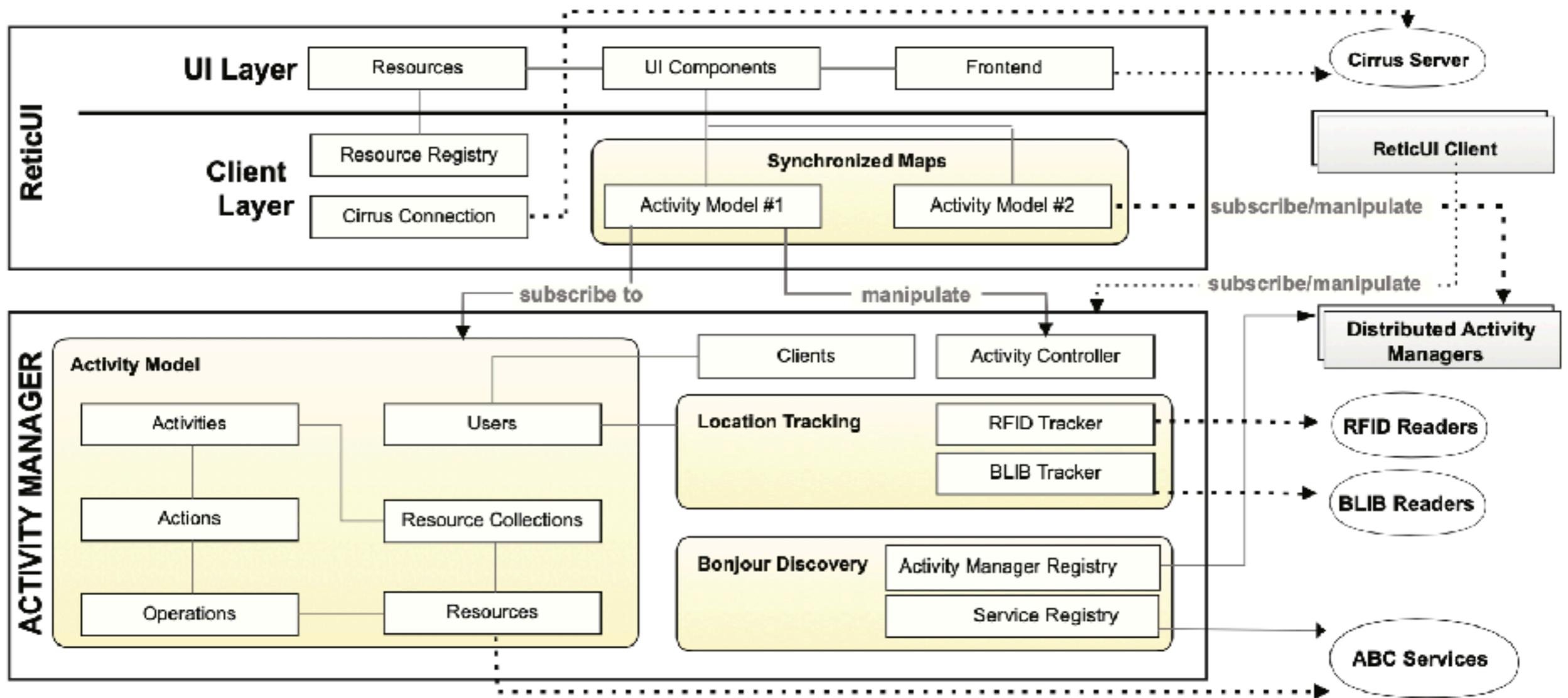
Activity Based Computing : Reticular Spaces



Activity Based Computing : Reticular Spaces



Architecture



Plan

Édition partagée

- ▶ Exemples
- ▶ Principes
- ▶ Défis de la synchronisation

Algorithmes de synchronisation

- ▶ Operational Transform
- ▶ CRDT

Groupware