

Architecture événementielle pour les environnements virtuels collaboratifs sur le web : Application à la manipulation et à la visualisation d'objets 3D

Soutenance de thèse de **Caroline DESPRAT**

Vendredi 1er décembre 2017

IRIT - Université de Toulouse

Jury

Président : Thierry Duval (rapporteur)

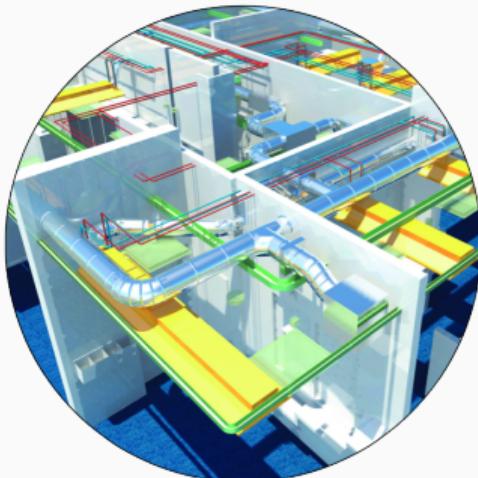
Membres : Guillaume Lavoué (rapporteur)

Géraldine Morin (examinatrice)

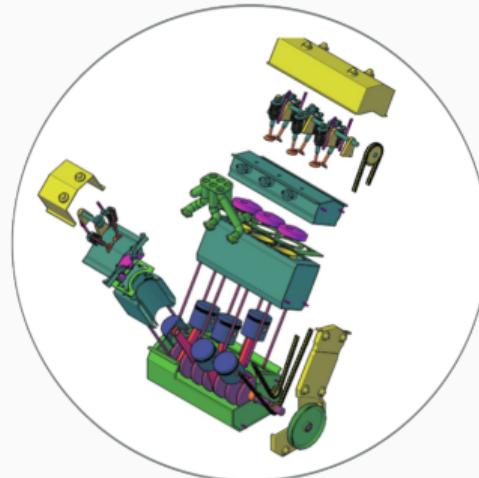
Nancy Rodriguez (examinatrice)

Hervé Luga (directeur)

Jean-Pierre Jessel (co-directeur)



Building Information Modeling
(BIM)



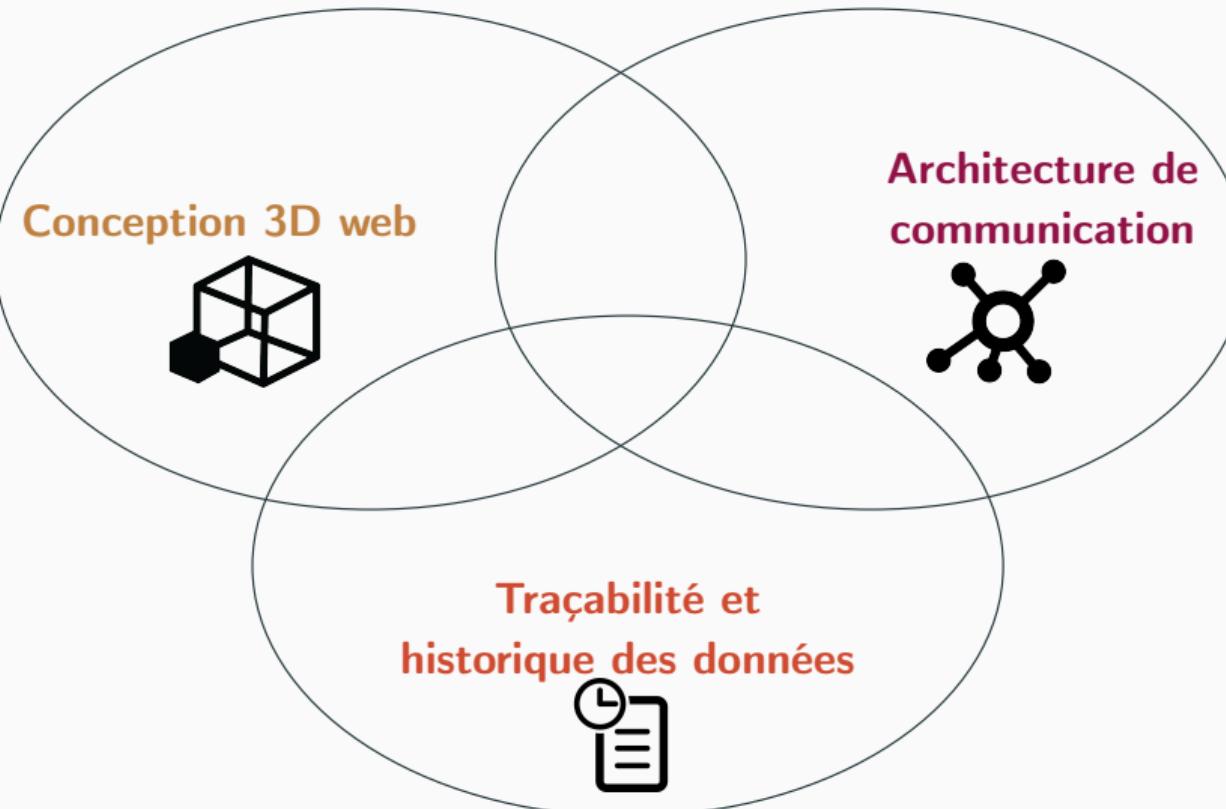
Conception Assistée par
Ordinateur (CAO)

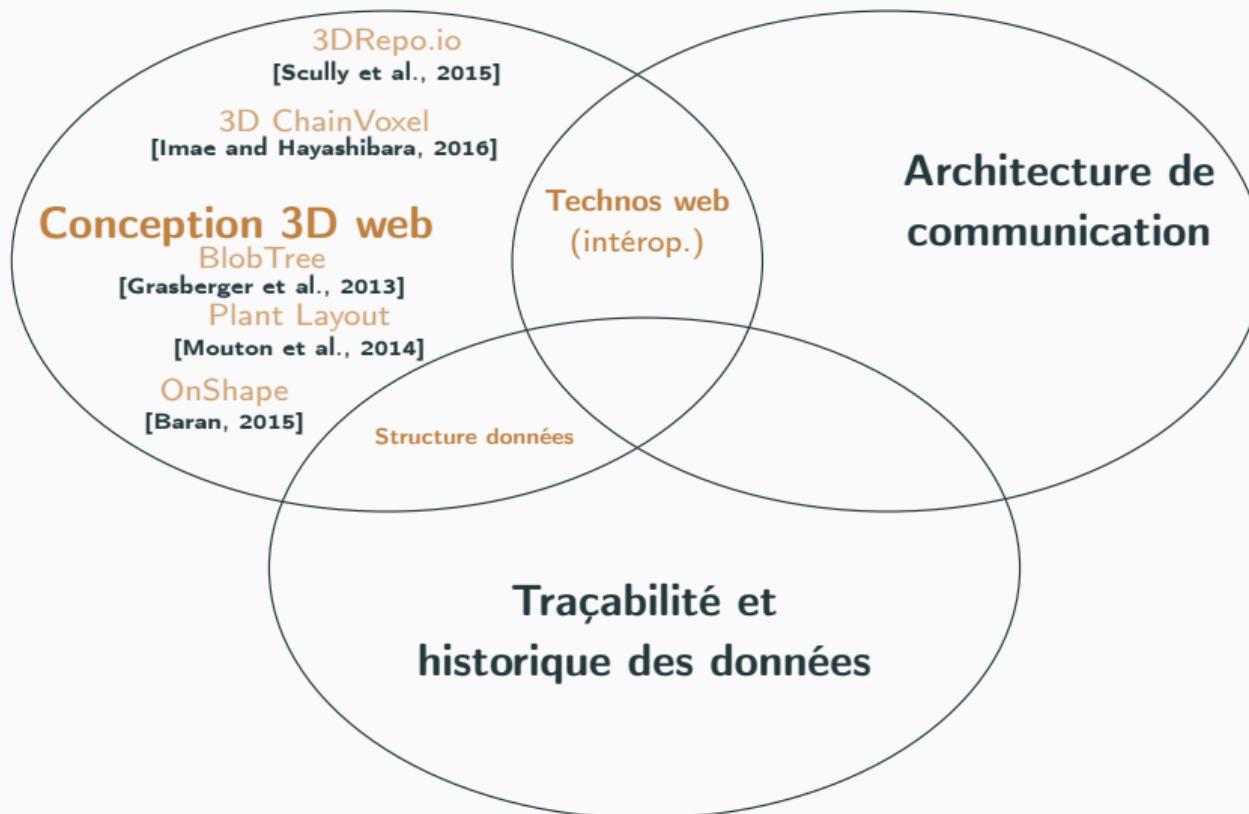


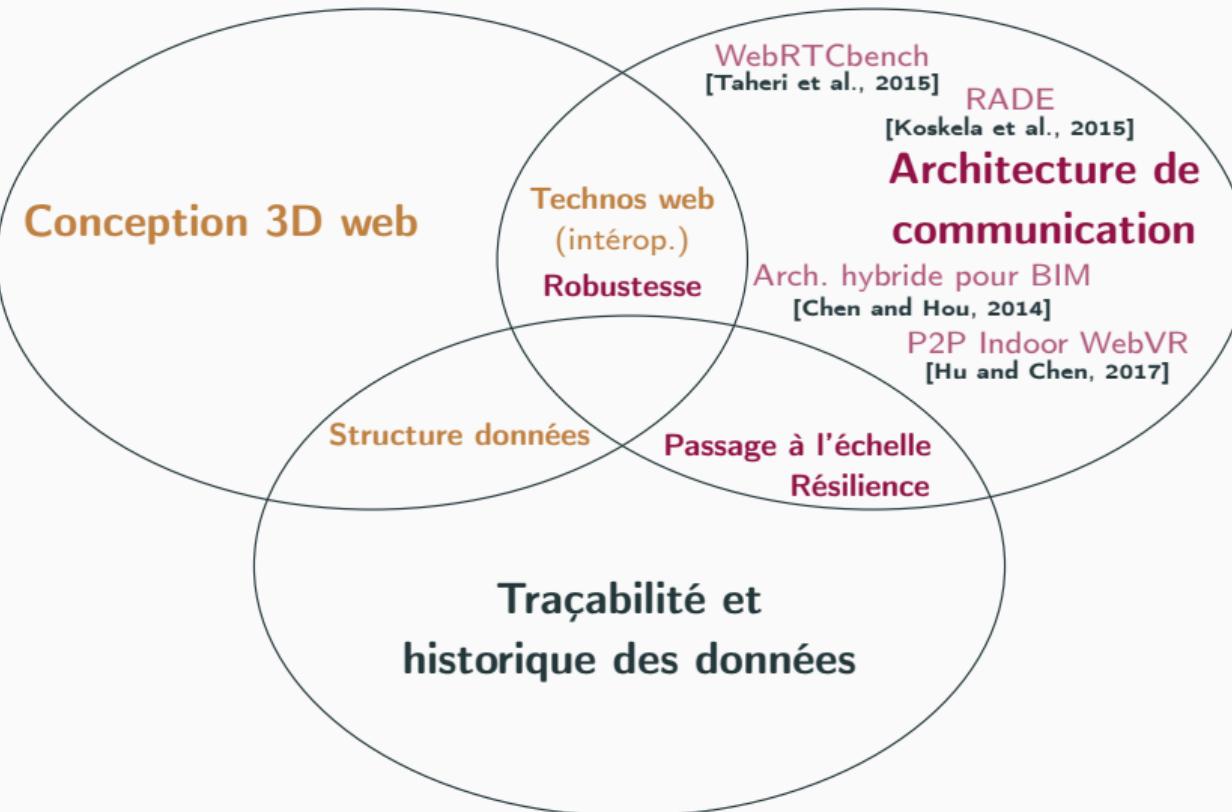
Aménagement
d'espace

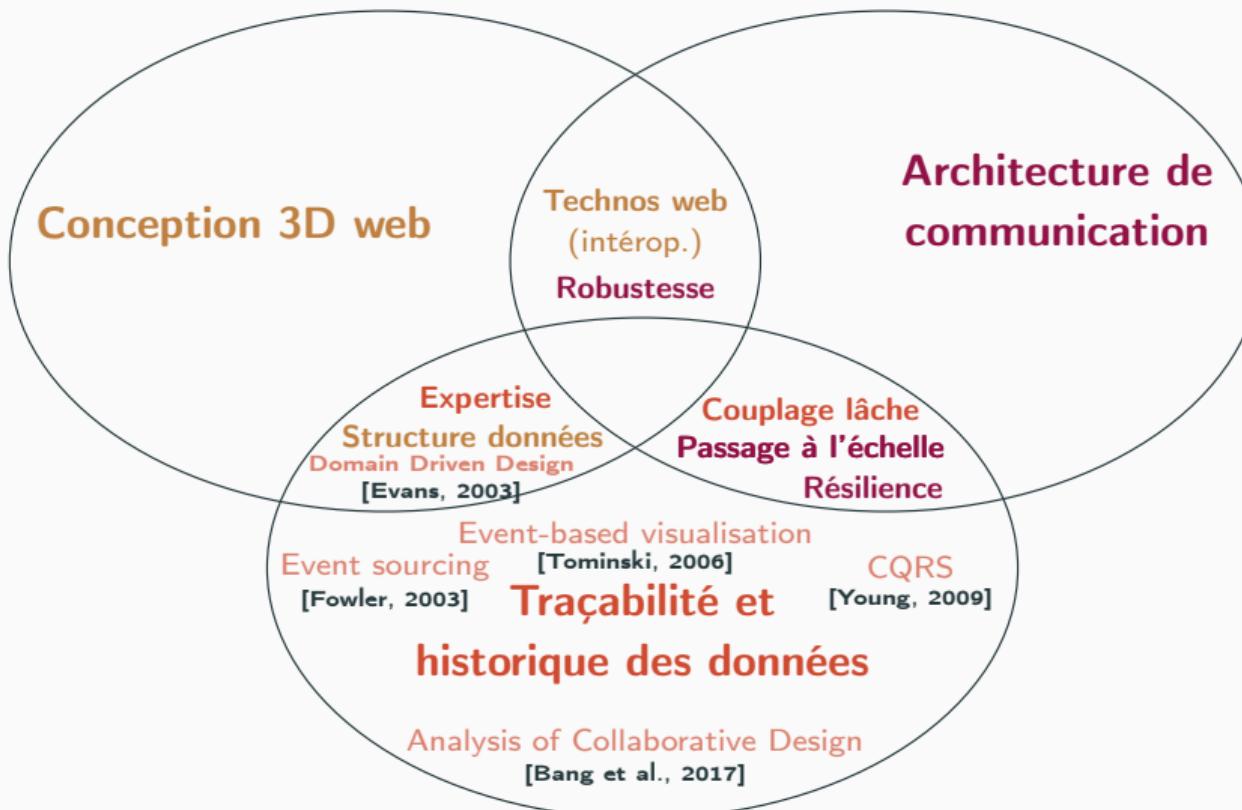
Collaborer de manière distante sur une scène 3D

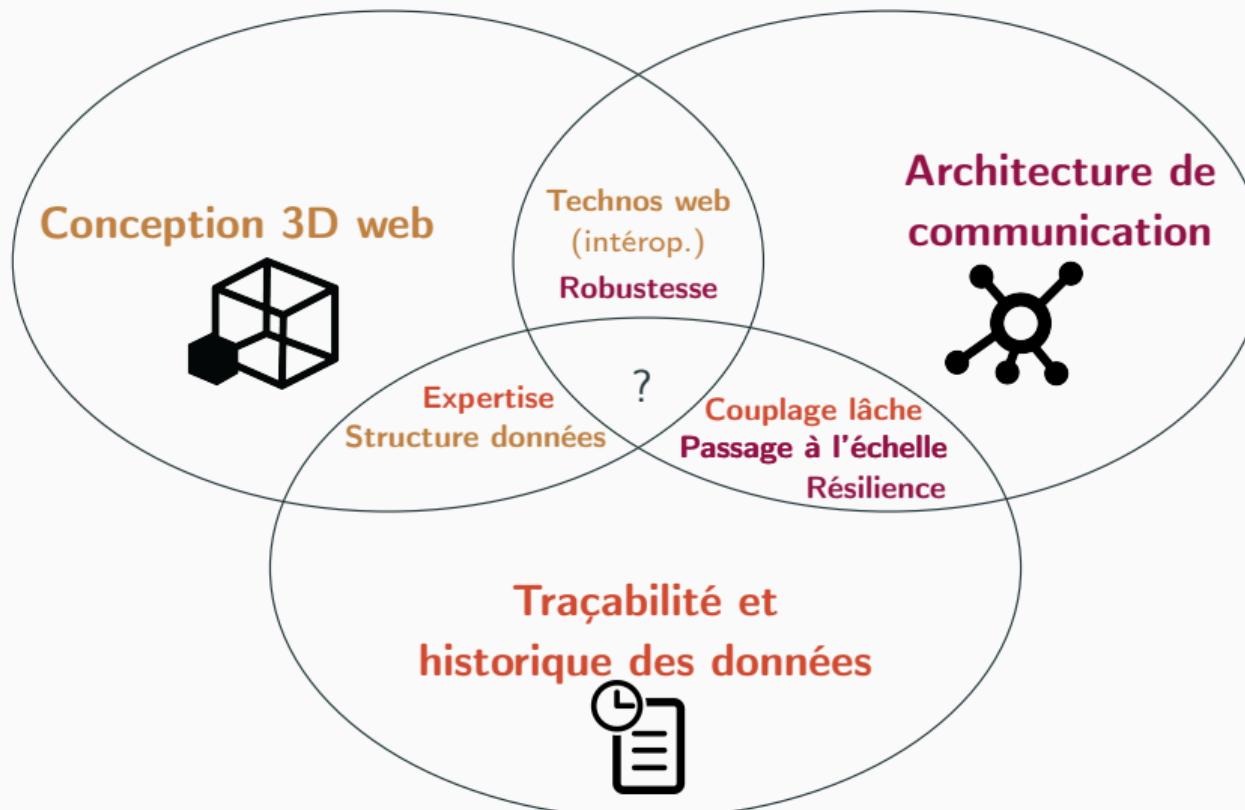
**Comment engager toutes les ressources
à disposition lors de la collaboration sur le web ?**











**Comment engager toutes les ressources
à disposition lors de la collaboration sur le web ?**

QR1

Quelles sont les **architectures réseaux** sur le web permettant une gestion efficace, cohérente et robuste des données de collaboration ?

Comment engager toutes les ressources à disposition lors de la collaboration sur le web ?

QR1

Quelles sont les **architectures réseaux** sur le web permettant une gestion efficace, cohérente et robuste des données de collaboration ?

QR2

Quelle architecture logicielle confère une **traçabilité** des données conforme aux règles métiers liées à la manipulation d'objets 3D ?

Comment engager toutes les ressources à disposition lors de la collaboration sur le web ?

QR1

Quelles sont les **architectures réseaux** sur le web permettant une gestion efficace, cohérente et robuste des données de collaboration ?

QR2

Quelle architecture logicielle confère une **traçabilité** des données conforme aux règles métiers liées à la manipulation d'objets 3D ?

Comment engager toutes les ressources à disposition lors de la collaboration sur le web ?

QR3

Quels sont les mécanismes assurant à l'utilisateur d'être **autonome** tout en collaborant ?

QR1

Quelles sont les **architectures réseaux** sur le web permettant une gestion efficace, cohérente et robuste des données de collaboration ?

QR2

Quelle architecture logicielle confère une **traçabilité** des données conforme aux règles métiers liées à la manipulation d'objets 3D ?

Comment engager toutes les ressources à disposition lors de la collaboration sur le web ?

QR3

Quels sont les mécanismes assurant à l'utilisateur d'être **autonome** tout en collaborant ?

QR4

Comment garantir le **respect des règles métiers** liées à la manipulation d'objets 3D lors de l'implantation ?

QR1

Quelles sont les **architectures réseaux** sur le web permettant une gestion efficace, cohérente et robuste des données de collaboration ?

QR2

Quelle architecture logicielle confère une **traçabilité** des données conforme aux règles métiers liées à la manipulation d'objets 3D ?

Comment engager toutes les ressources à disposition lors de la collaboration sur le web ?

QR3

Quels sont les mécanismes assurant à l'utilisateur d'être **autonome** tout en collaborant ?

QR4

Comment garantir le **respect des règles métiers** liées à la manipulation d'objets 3D lors de l'implantation ?

QR5

Quels sont les **métriques** et **critères** permettant d'évaluer un tel système de manière quantitative ?
qualitative ?

Introduction

Approche orientée états

Les architectures réseaux des EVC3D

Modèle : Architecture hybride orientée états

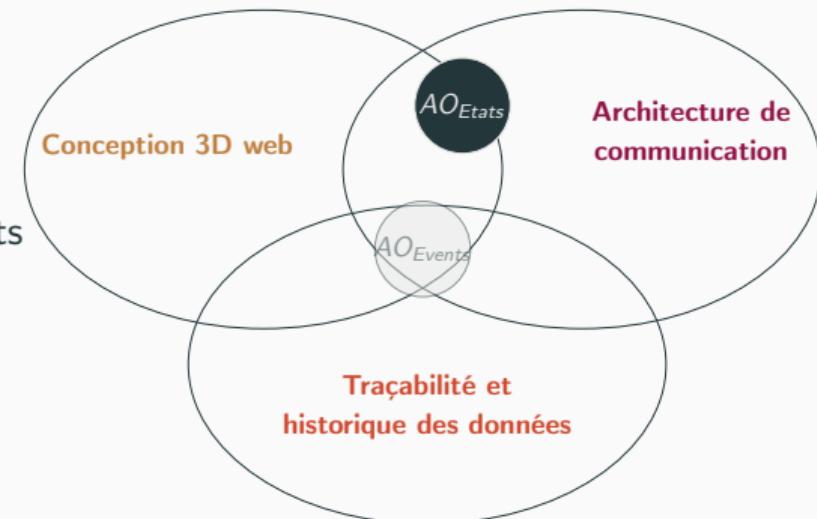
Implémentation : 3DState

Évaluation

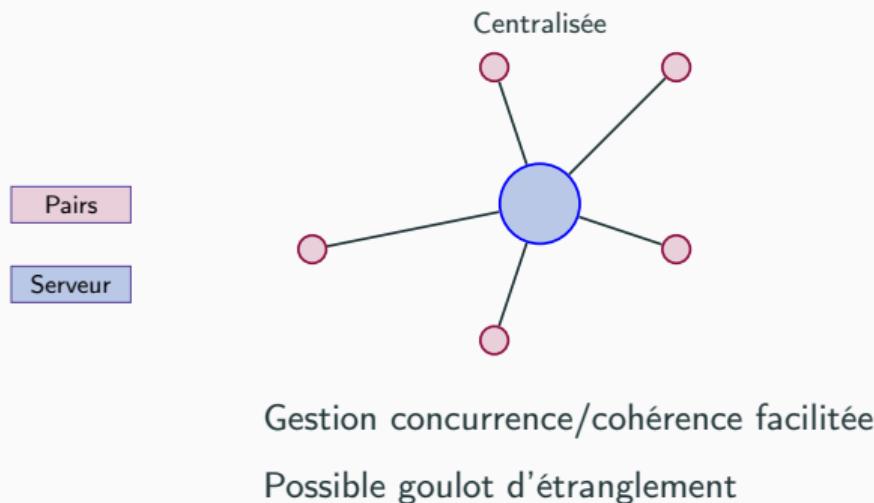
Bilan

Approche orientée événements

Conclusion



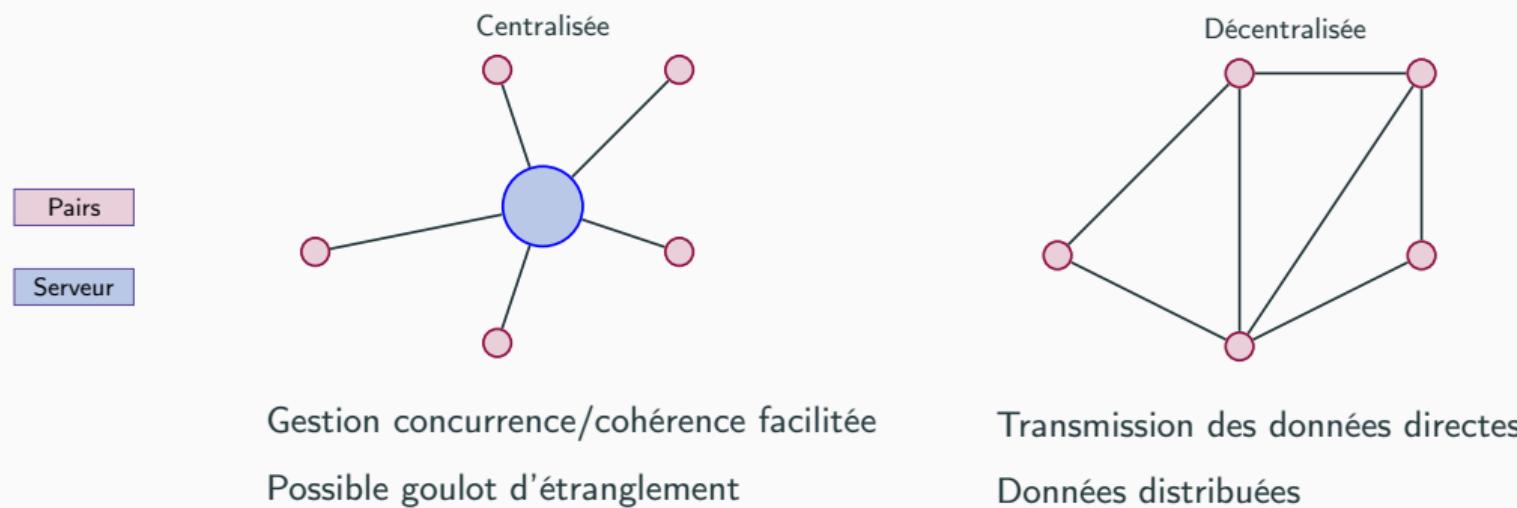
Panorama des architectures réseaux dans les EVCs 3D



Collaborer plus directement

Pourquoi passer par un intermédiaire (serveur) ?

Panorama des architectures réseaux dans les EVCs 3D



Faciliter la maintenance et le suivi des données

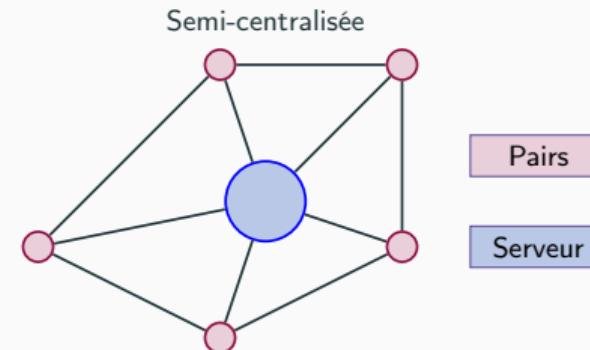
Que se passe-t-il s'il n'y a pas de fournisseur de données ?

Panorama des architectures réseaux dans les EVCs 3D

Hybride : Client-serveur + pair-à-pair

Allègement de la charge du serveur (recherche et récupération)

Répartition des responsabilités (dissémination, stockage)

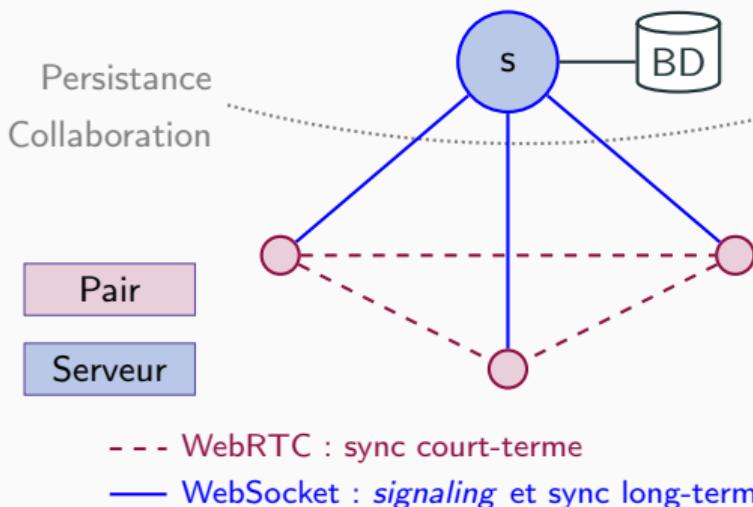


Avantages pour la conception 3D sur le web

Favoriser les échanges directs

Augmenter la disponibilité des données

Modèle : Architecture de communication hybride

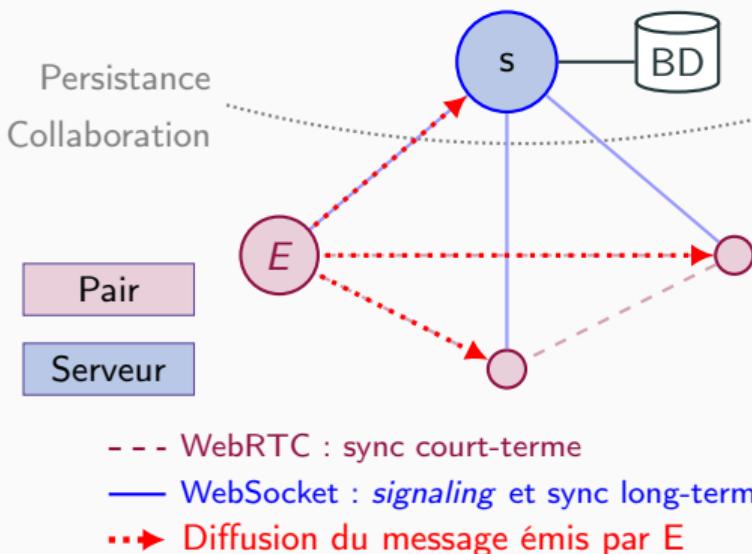


Client-serveur : Accès **centralisé** aux données pour la persistante long-terme ;

Pair-à-pair : **transmission directe** des données entre les clients pour la collaboration.

Traite des différentiels d'état ($st_1 - st_0$)

Modèle : Architecture de communication hybride



Client-serveur : Accès **centralisé** aux données pour la persistance long-terme ;

Pair-à-pair : **transmission directe** des données entre les clients pour la collaboration.

Traite des différentiels d'état ($st_1 - st_0$)

Présentation du prototype réalisé : 3DState

Éditeur 3D collaboratif :

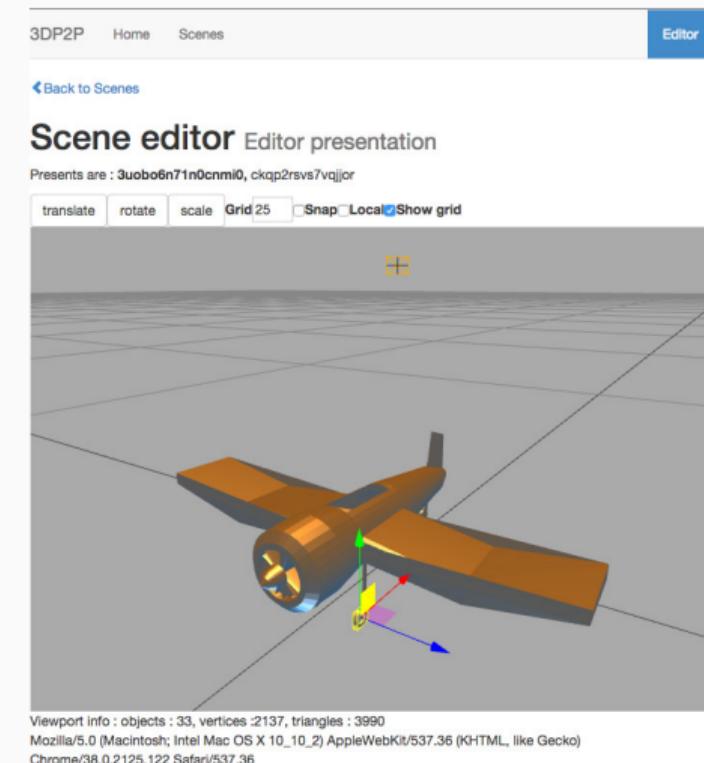
Transformations haut niveau (translation, rotation, homothétie)

Visualisation, navigation

Import de modèles 3D



Architecture réseau :



Expérimentation approche orientée états

Objectif

Faisabilité de l'approche proposée.

Observations des interactions

utilisateurs et réseaux

Qualité de la collaboration

Description

Assemblage collaboratif des parties d'un objets.

Type de réseau : réseau local

Prototype : 3DState

Évaluation

Qualité de la collaboration : cohérence, fiabilité, réactivité
Résilience et robustesse du système (situations critiques)

Table 1: Configuration

Essai	Objet	Taille	NbCollab.
Wind turbine	6	1.0 MB	2
Pick up	8	1.3 MB	4
Castle from server	35	1.3 MB	4
Castle from peer	35	1.3 MB	4

Expérimentation approche orientée états

Objectif

Faisabilité de l'approche proposée.

Observations des interactions utilisateurs et réseaux
Qualité de la collaboration

Description

Assemblage collaboratif des parties d'un objets.

Type de réseau : réseau local
Prototype : 3DState

Évaluation

Qualité de la collaboration : cohérence, fiabilité, réactivité
Résilience et robustesse du système (situations critiques)

Table 1: Configuration

Essai	Objet	Taille	NbCollab.
Wind turbine	6	1.0 MB	2
Pick up	8	1.3 MB	4
Castle from server	35	1.3 MB	4
Castle from peer	35	1.3 MB	4

Expérimentation approche orientée états

Objectif

Faisabilité de l'approche proposée.

Observations des interactions utilisateurs et réseaux
Qualité de la collaboration

Description

Assemblage collaboratif des parties d'un objets.

Type de réseau : réseau local
Prototype : 3DState

Évaluation

Qualité de la collaboration : cohérence, fiabilité, réactivité
Résilience et robustesse du système (situations critiques)

Table 1: Configuration

Essai	Objet	Taille	NbCollab.
Wind turbine	6	1.0 MB	2
Pick up	8	1.3 MB	4
Castle from server	35	1.3 MB	4
Castle from peer	35	1.3 MB	4

Résultats

A partir des données des questionnaires et des observations :

Interface utilisateur minimale, manque de retours visuels.

Manipulation des objets bonne évaluation sauf lors d'import de fichiers 3D lourds.

Attrition n'altère pas la qualité de la collaboration.

Globalement Utilisateurs satisfaits (collaboration et des résultats visuels)

Qualité de la collaboration est considérée comme **temps-réel** plus qu'interactive.

En cas de déconnexion soudaine : le système offre une bonne résilience.

Bilan de l'approche orientée états

QR		Approche orientée états
QR1 Réseau	✓	Topologie complète, diff. état
QR2 Traçabilité	✗	Aucune
QR3 Autonomie	✓	Stockage local (session)
QR4 Validité	✗	Aucune
QR5 Métriques	✓ (quali.) ✗ (quant.)	Cohérence, fiabilité, réactivité. Robustesse et résilience

QR 1 L'architecture hybride **faisable** favorisant la proximité entre les utilisateurs. La collaboration fonctionne en situation critique.

QR 3 L'utilisateur est **responsable** de la transmission de ses modifications. L'utilisateur **stocke** les informations dont il a besoin sur son client.

QR 5 Retours utilisateur **positifs** même si des problèmes existent (imports 3D, passage à l'échelle)

De l'état aux événements

Des besoins en attente :

Transmission par différentiel d'état : **léger mais perte de l'historique** des manipulations.

Passage à l'échelle compromis (réseau totalement maillé)

Apporter plus de flexibilité à la collaboration (expertise, analyse)

Évolution du paradigme de représentation des données :

Description **sémantique** des manipulations : introduction des **spécificités métiers de la collaboration 3D** (support de l'historique).

Amélioration du **passage à l'échelle** en réduisant la densité du maillage.

Validation des modifications pour conserver l'**intégrité** du système.

Introduction

Approche orientée états

Approche orientée événements

Traçabilité des données dans un EVC3D ?

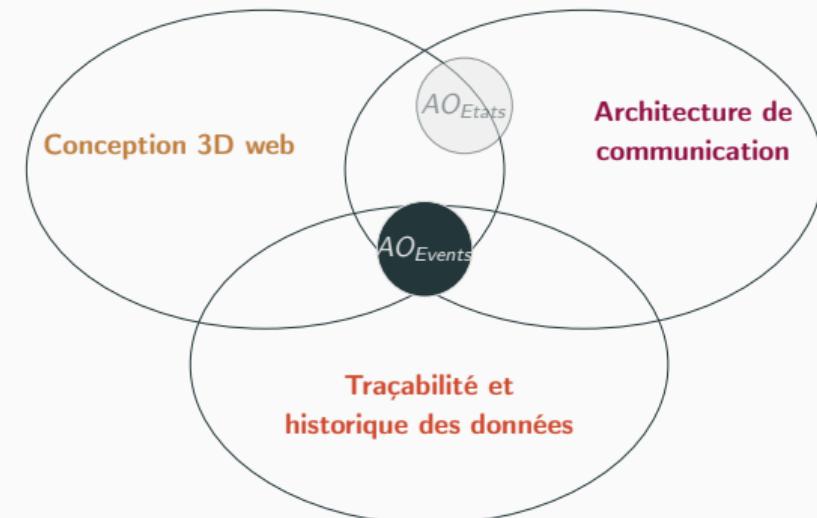
Modèle événementiel

Implémentation : 3DEvent

Évaluation

Bilan

Conclusion



Traçabilité des données dans un EVC3D ?

Problématique liée à la traçabilité dans un EVC3D

Besoin d'une description sémantique

propre au domaine

pour définir des événements

Domain Driven Design
(DDD)

Langage partagé

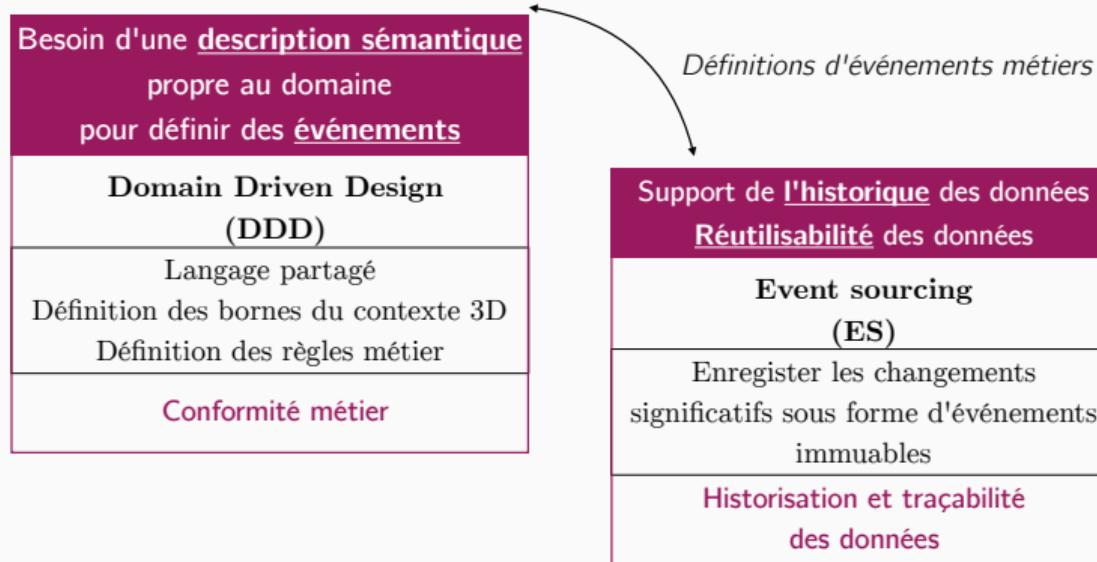
Définition des bornes du contexte 3D

Définition des règles métier

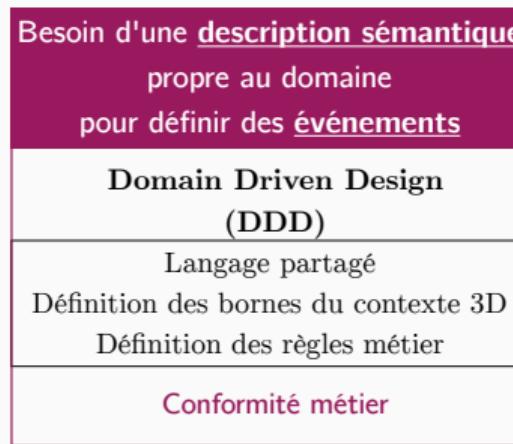
Conformité métier

Traçabilité des données dans un EVC3D ?

Problématique liée à la traçabilité dans un EVC3D



Problématique liée à la traçabilité dans un EVC3D



Définitions d'événements métiers

Support de l'historique des données Réutilisabilité des données

Event sourcing (ES)

Enregister les changements significatifs sous forme d'événements immuables

Historisation et traçabilité des données

Utilisation d'une source de vérité réutilisable basée sur le métier

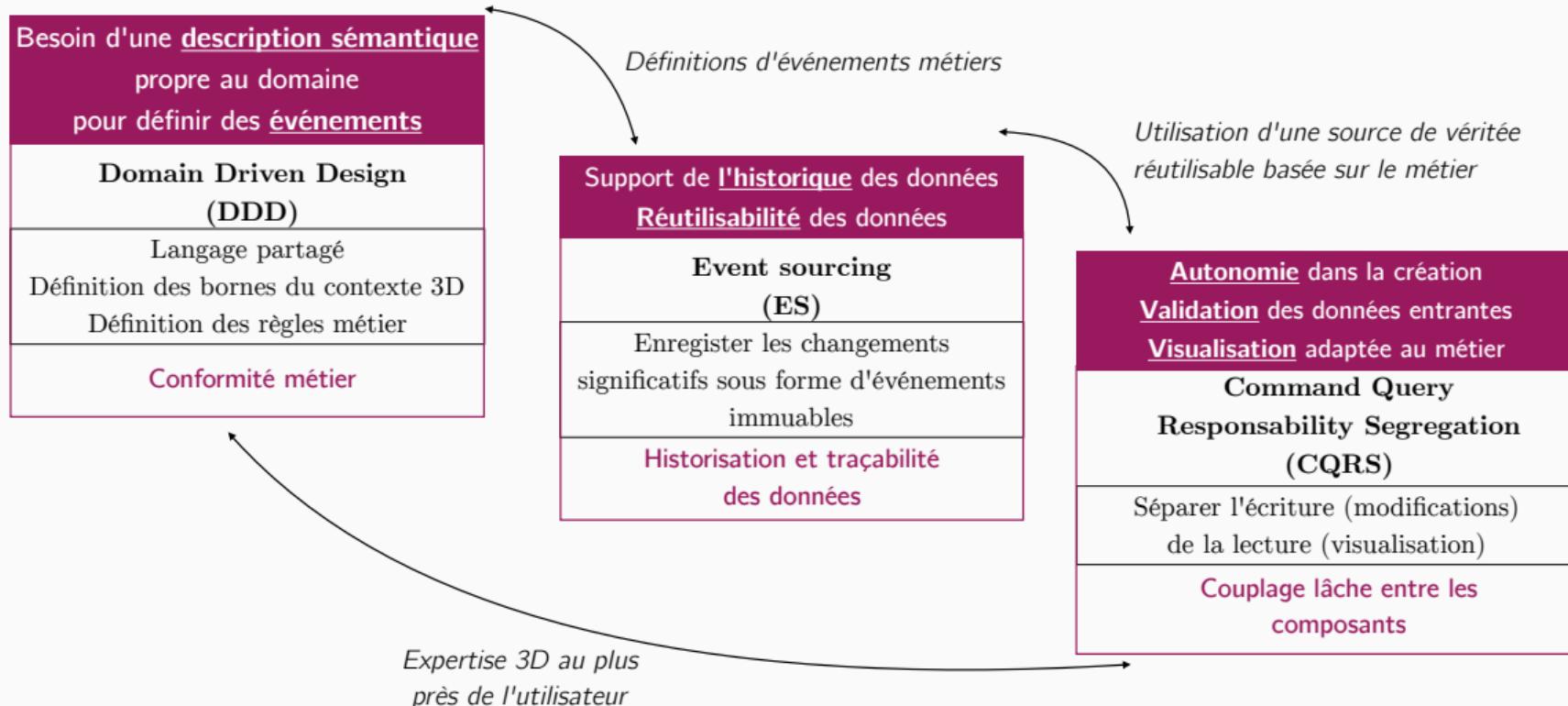
Autonomie dans la création Validation des données entrantes Visualisation adaptée au métier

Command Query Responsibility Segregation (CQRS)

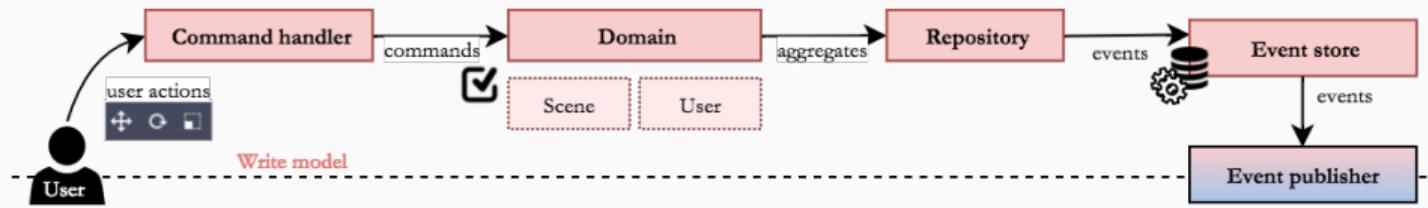
Séparer l'écriture (modifications)
de la lecture (visualisation)

Couplage lâche entre les composants

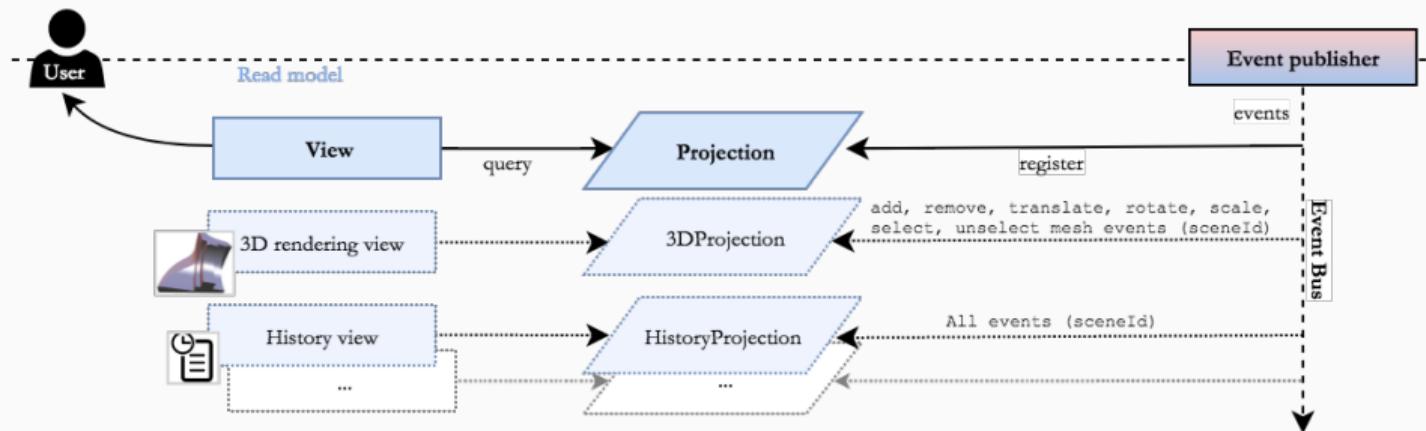
Problématique liée à la traçabilité dans un EVC3D



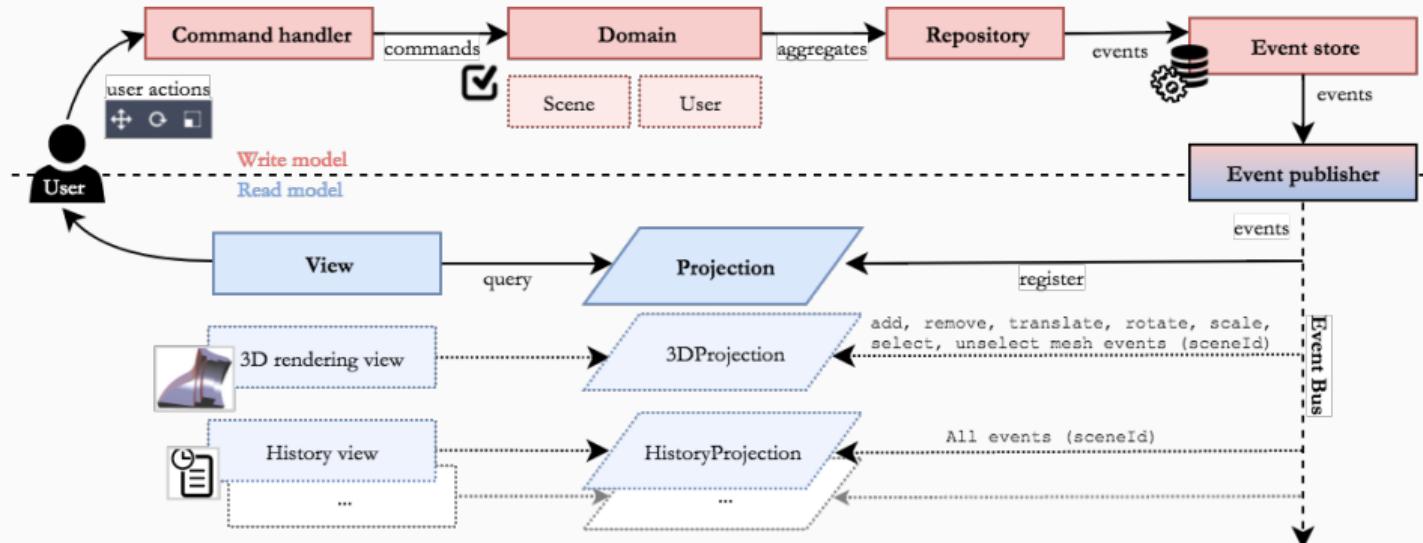
Modèle général : CQRS+ES (sur un pair)



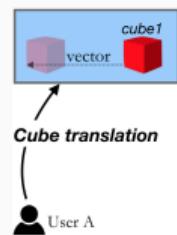
Modèle général : CQRS+ES (sur un pair)



Modèle général : CQRS+ES (sur un pair)



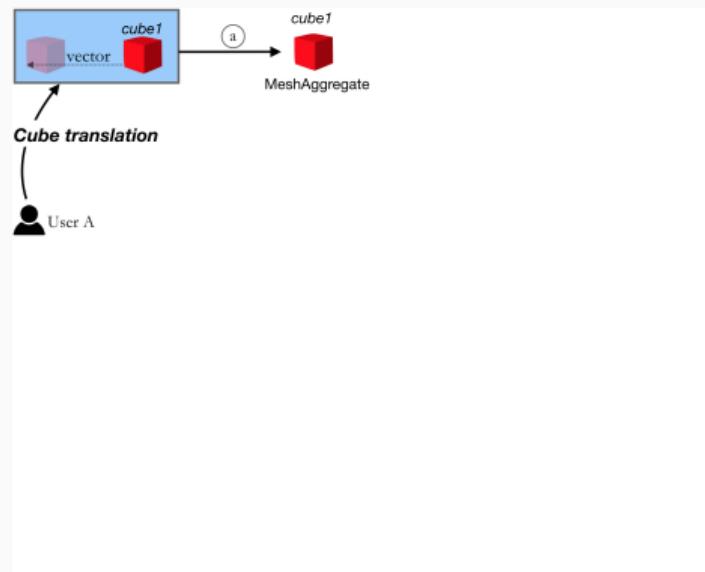
Modèle général : exemple



Translation d'un cube par User A

- Commande de translation appliquée à *cube1*
- Événement *e1* (« maillage translaté ») généré
- Exception déclenchée si la version de *e1* est égale à la version de l'objet
- Traitement de *e1* par la projection.

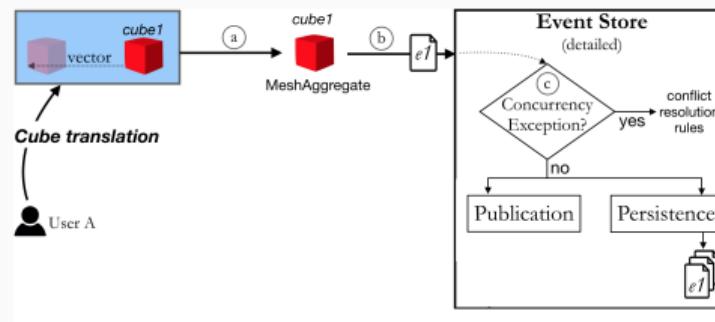
Modèle général : exemple



Translation d'un cube par User A

- (a) Commande de translation appliquée à *cube1*
- (b) Événement *e1* (« maillage translaté ») généré
- (c) Exception déclenchée si la version de *e1* est égale à la version de l'objet
- (d) Traitement de *e1* par la projection.

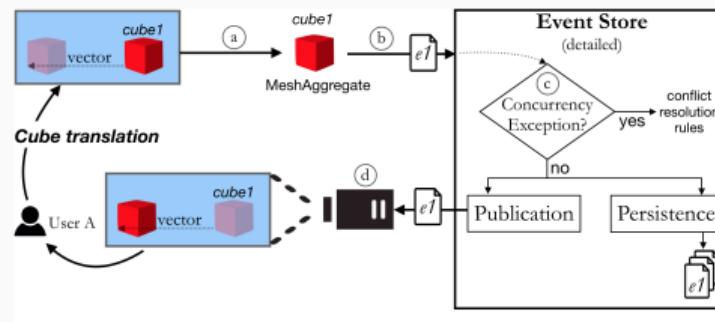
Modèle général : exemple



Translation d'un cube par User A

- (a) Commande de translation appliquée à *cube1*
- (b) Événement *e1* (« maillage translaté ») généré
- (c) Exception déclenchée si la version de *e1* est égale à la version de l'objet
- (d) Traitement de *e1* par la projection.

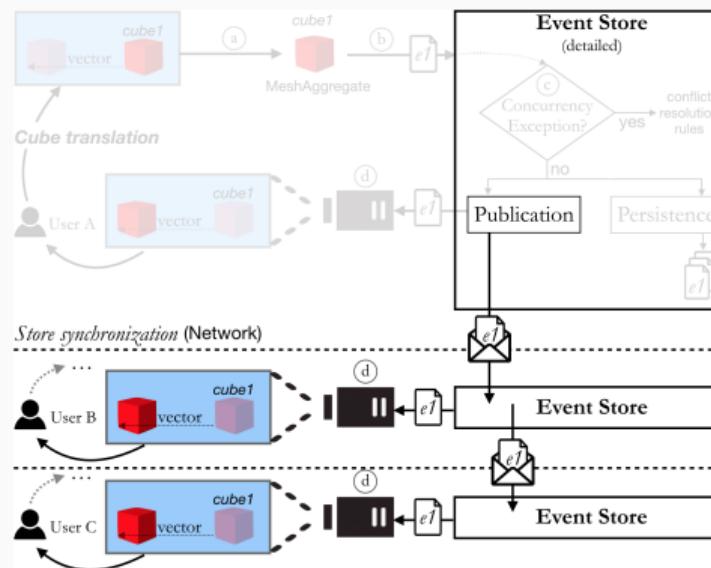
Modèle général : exemple



Translation d'un cube par User A

- Commande de translation appliquée à *cube1*
- Événement *e1* (« maillage translaté ») généré
- Exception déclenchée si la version de *e1* est égale à la version de l'objet
- Traitement de *e1* par la projection.

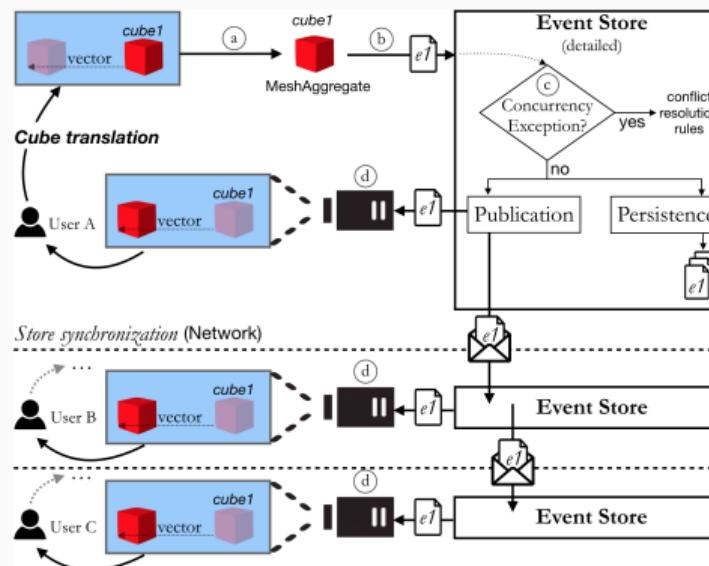
Modèle général : exemple



Translation d'un cube par User A

- (a) Commande de translation appliquée à *cube1*
- (b) Événement *e1* (« maillage translaté ») généré
- (c) Exception déclenchée si la version de *e1* est égale à la version de l'objet
- (d) Traitement de *e1* par la projection.

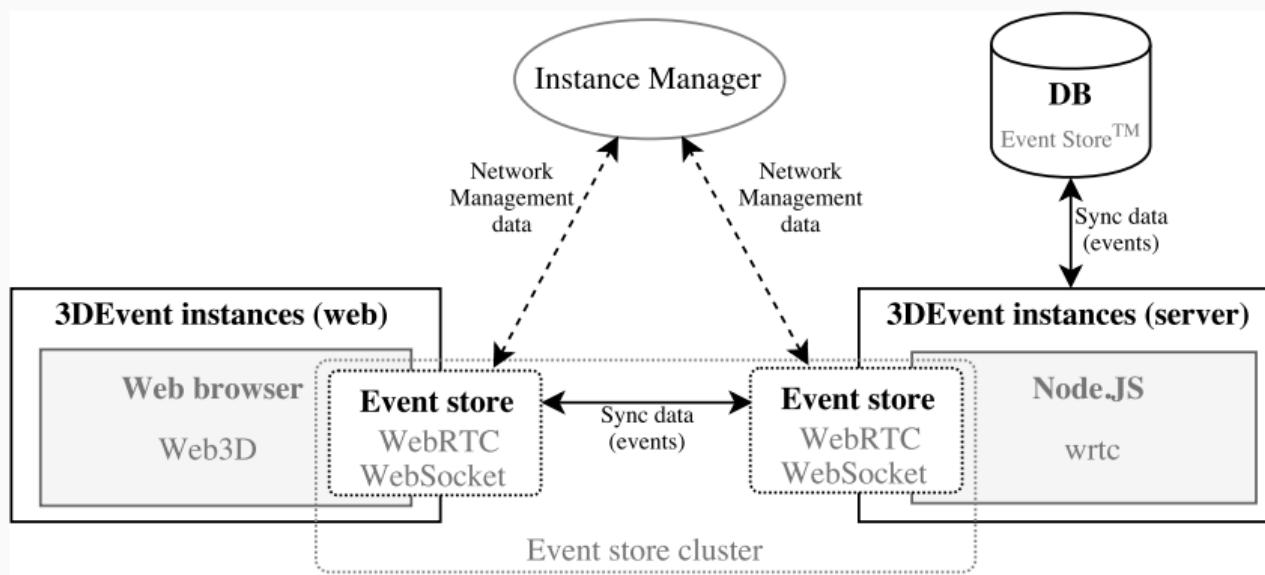
Modèle général : exemple



Translation d'un cube par User A

- (a) Commande de translation appliquée à *cube1*
- (b) Événement $e1$ (« maillage translaté ») généré
- (c) Exception déclenchée si la version de $e1$ est égale à la version de l'objet
- (d) Traitement de $e1$ par la projection.

Architecture réseau hybride orientée événements [Desprat et al., 2017]



Améliorer le passage à l'échelle en intégrant le modèle événementiel

Réduire les contraintes de collaboration : concurrence optimiste, réseau moins dense

Présentation du prototype réalisé : 3DEvent

Bibliothèque **webrtc-eventstore** pour un **journal d'événements partagé** en P2P (instance web et serveur)

Éditeur 3D collaboratif (instance web) :

- Transformations haut niveau (t,r,h)

- Visualisation, navigation

- Import de modèles 3D

- Intégration CQRS+ES

- Interface orientée tâche

- Sélection fantôme

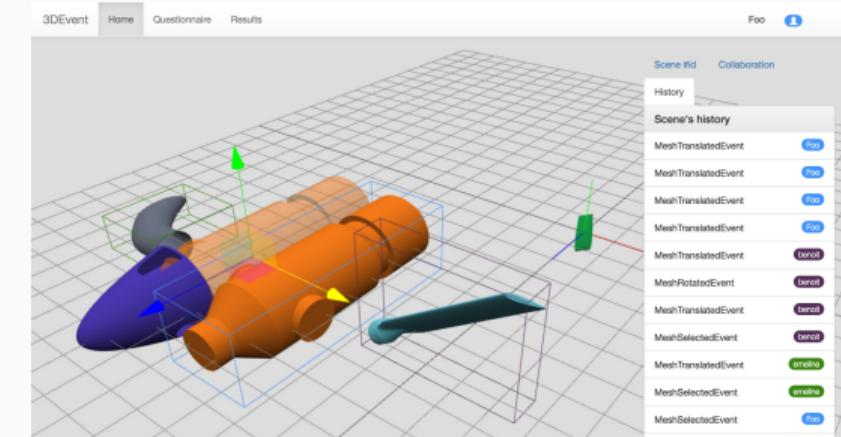


Figure 1: Translation // historique

Présentation du prototype réalisé : 3DEvent

Bibliothèque **webrtc-eventstore** pour un **journal d'événements partagé** en P2P (instance web et serveur)

Éditeur 3D collaboratif (instance web) :

- Transformations haut niveau (t,r,h)

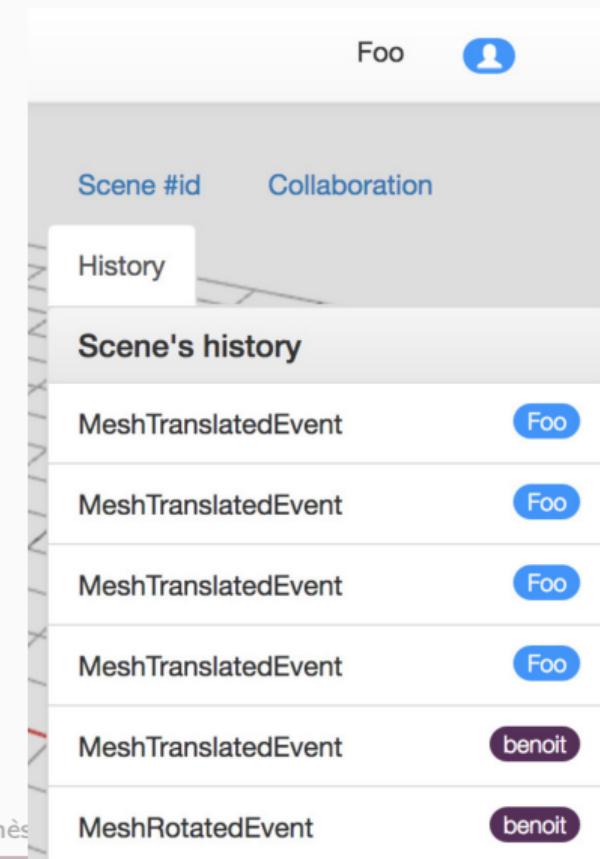
- Visualisation, navigation

- Import de modèles 3D

- Intégration CQRS+ES

- Interface orientée tâche

- Sélection fantôme



The screenshot shows a user interface for a 3D collaborative editor. At the top, there's a header with the name "Foo" and a user icon. Below the header, there are two tabs: "Scene #id" and "Collaboration". A dropdown menu labeled "History" is open. The main area displays a list of events for a specific scene:

Event Type	User
MeshTranslatedEvent	Foo
MeshTranslatedEvent	benoit
MeshRotatedEvent	benoit

Présentation du prototype réalisé : 3DEvent

Bibliothèque **webrtc-eventstore** pour un **journal d'événements partagé** en P2P (instance web et serveur)

Éditeur 3D collaboratif (instance web) :

Transformations haut niveau (t,r,h)

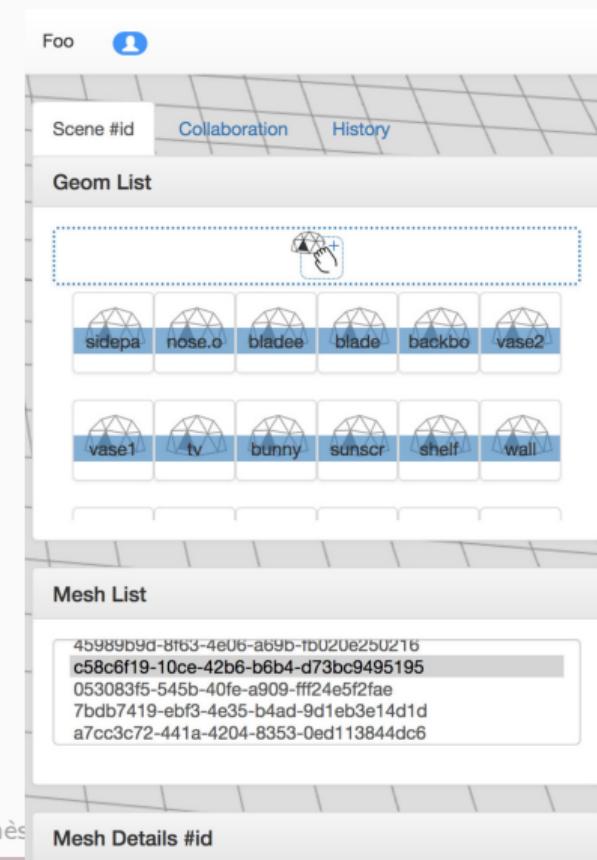
Visualisation, navigation

Import de modèles 3D

Intégration CQRS+ES

Interface orientée tâche

Sélection fantôme



Expérimentation approche orientée événements

Objectif

Intégration du modèle événementiel

Efficacité dans la réalisation collaborative

Possibilité d'analyse des données

Description

Assemblage collaboratif de modèles 3D ou création de scène libre par groupes de 2 ou 3 participants.

Internet (hétérogène)

Prototype 3DEvent.

Critères d'évaluation

Qualité de la collaboration : cohérence, fiabilité, réactivité

Réalisation de la tâche : temps et sentiment d'efficacité seul vs collaborativement

Table 2: Modèles

Modèle	Nb parties	Triangles	Taille tot.
Rotor	10	62k	4Mo
Camera box	12	67k	5Mo
Car	16	170k	8Mo
Living room	16	200k	9Mo

Expérimentation approche orientée événements

Objectif

Intégration du modèle événementiel

Efficacité dans la réalisation collaborative

Possibilité d'analyse des données

Description

Assemblage collaboratif de modèles 3D ou création de scène libre par groupes de 2 ou 3 participants.

Internet (hétérogène)

Prototype 3DEvent.

Critères d'évaluation

Qualité de la collaboration : cohérence, fiabilité, réactivité

Réalisation de la tâche : temps et sentiment d'efficacité seul vs collaborativement

Table 2: Modèles

Modèle	Nb parties	Triangles	Taille tot.
Rotor	10	62k	4Mo
Camera box	12	67k	5Mo
Car	16	170k	8Mo
Living room	16	200k	9Mo

Expérimentation approche orientée événements

Objectif

Intégration du modèle événementiel

Efficacité dans la réalisation collaborative

Possibilité d'analyse des données

Description

Assemblage collaboratif de modèles 3D ou création de scène libre par groupes de 2 ou 3 participants.

Internet (hétérogène)

Prototype 3DEvent.

Critères d'évaluation

Qualité de la collaboration : cohérence, fiabilité, réactivité

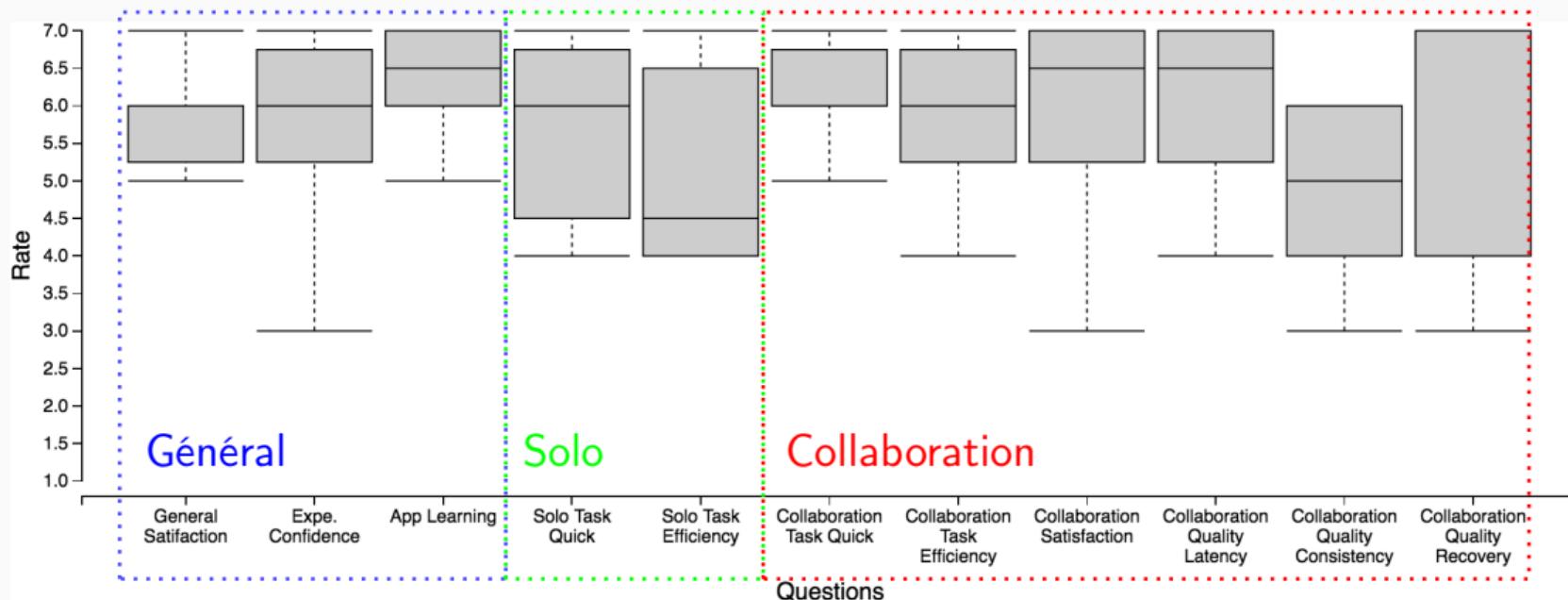
Réalisation de la tâche : temps et sentiment d'efficacité seul vs collaborativement

Table 2: Modèles

Modèle	Nb parties	Triangles	Taille tot.
Rotor	10	62k	4Mo
Camera box	12	67k	5Mo
Car	16	170k	8Mo
Living room	16	200k	9Mo

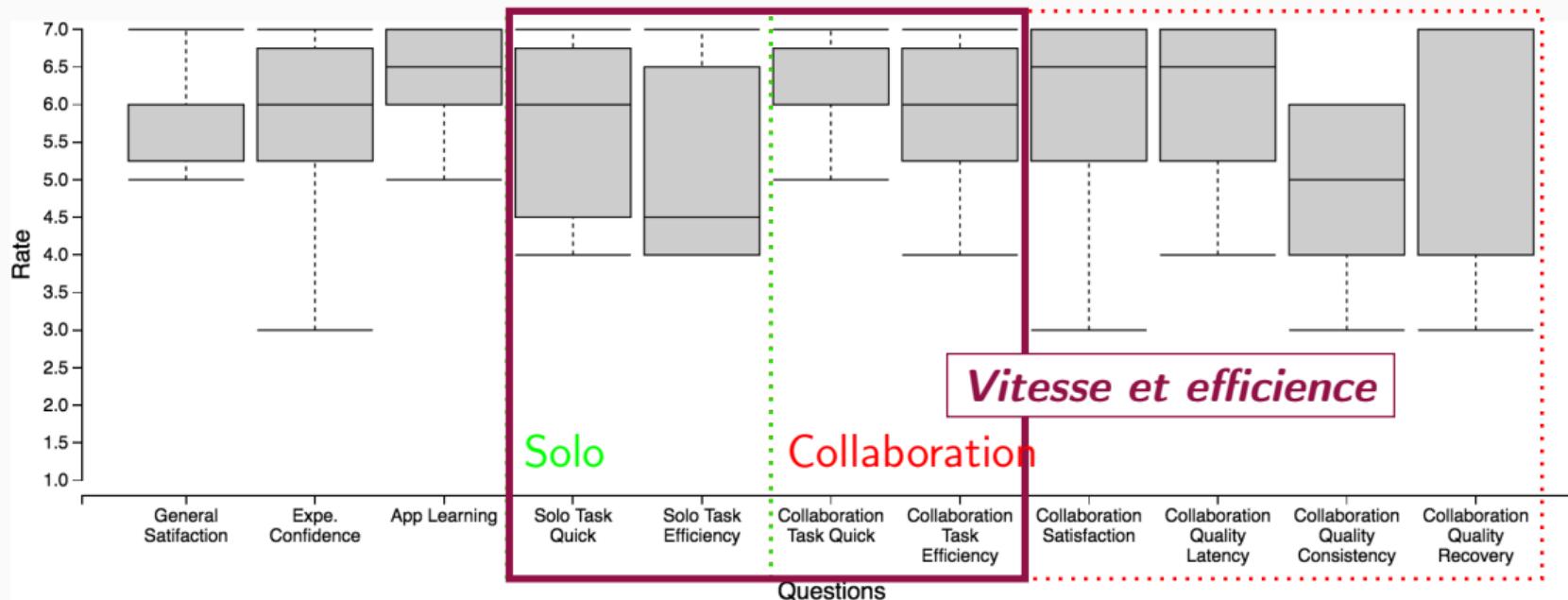
Résultats des questionnaires

6 groupes de 2 ou 3 participants



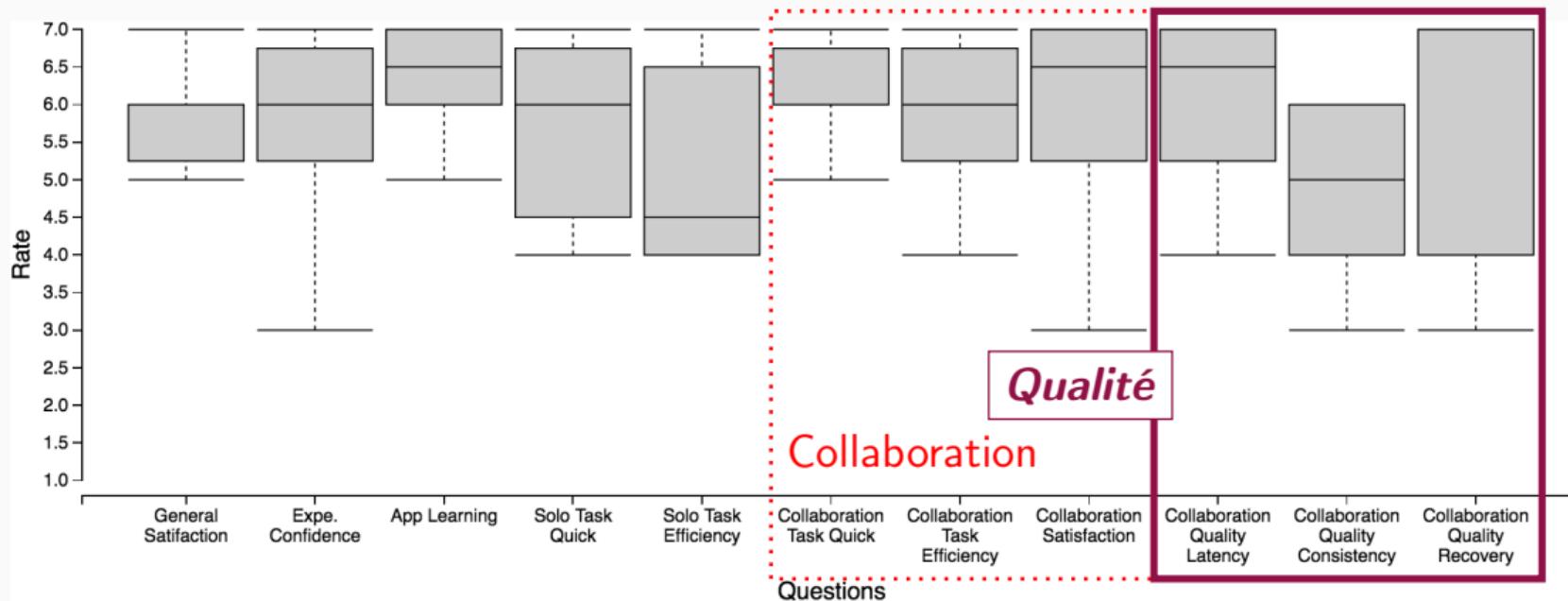
Résultats des questionnaires

6 groupes de 2 ou 3 participants



Résultats des questionnaires

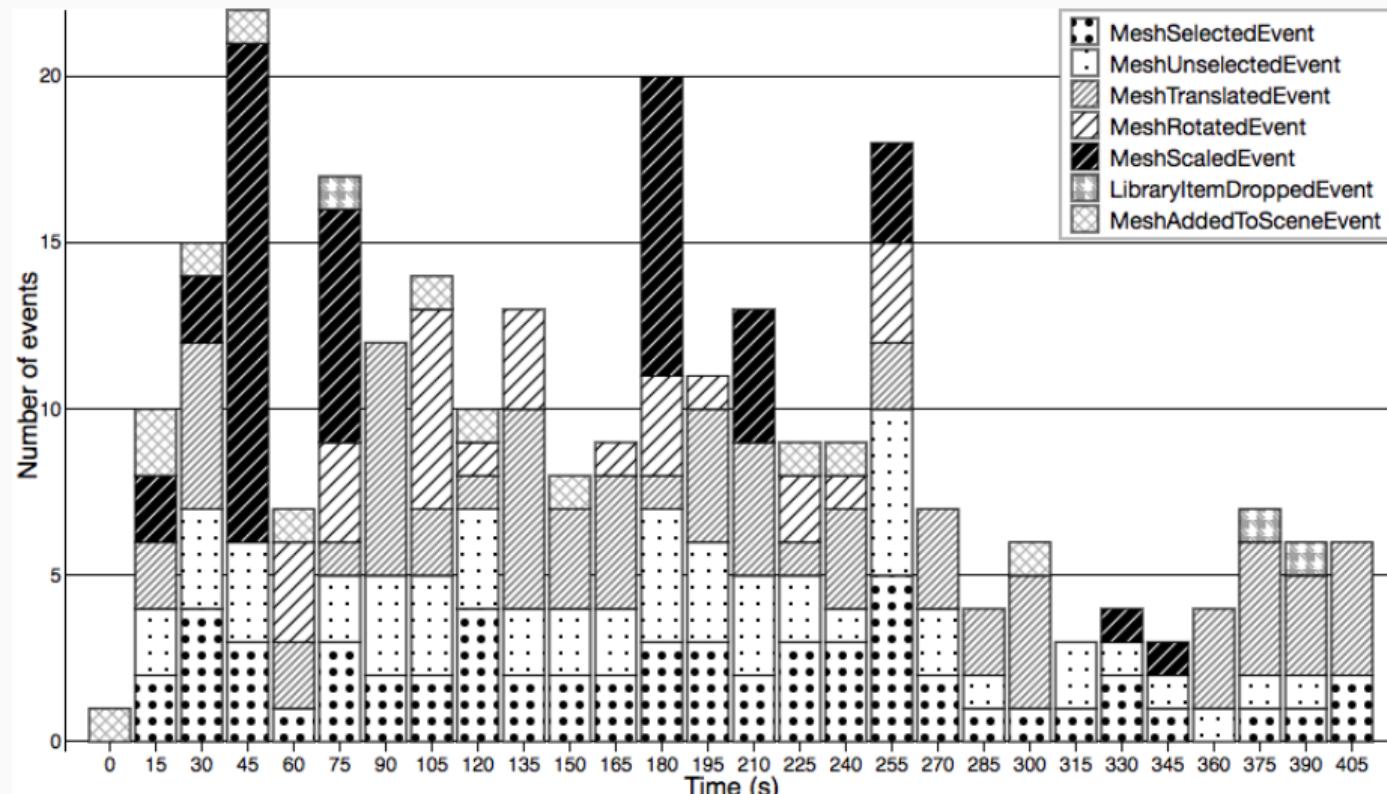
6 groupes de 2 ou 3 participants



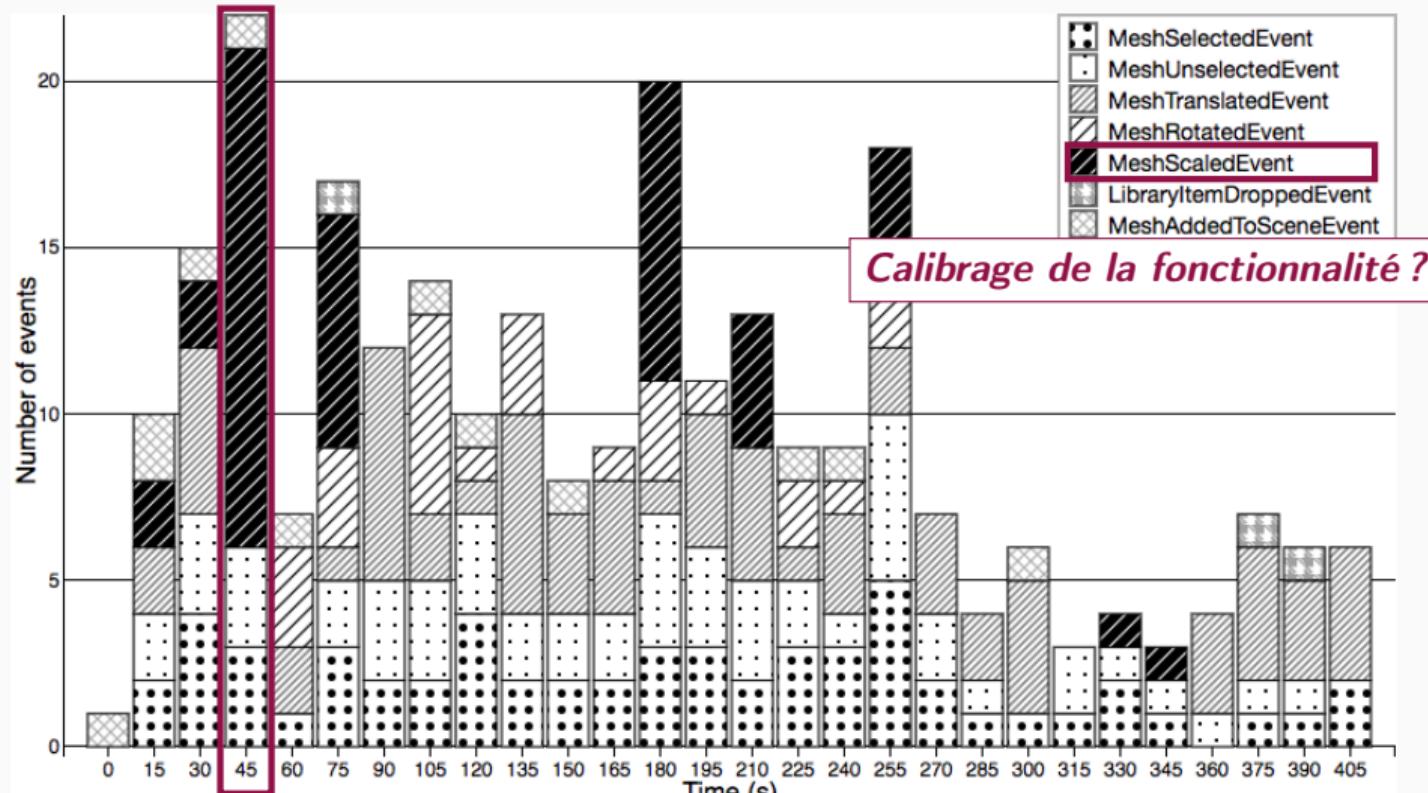
Collaboration

Qualité

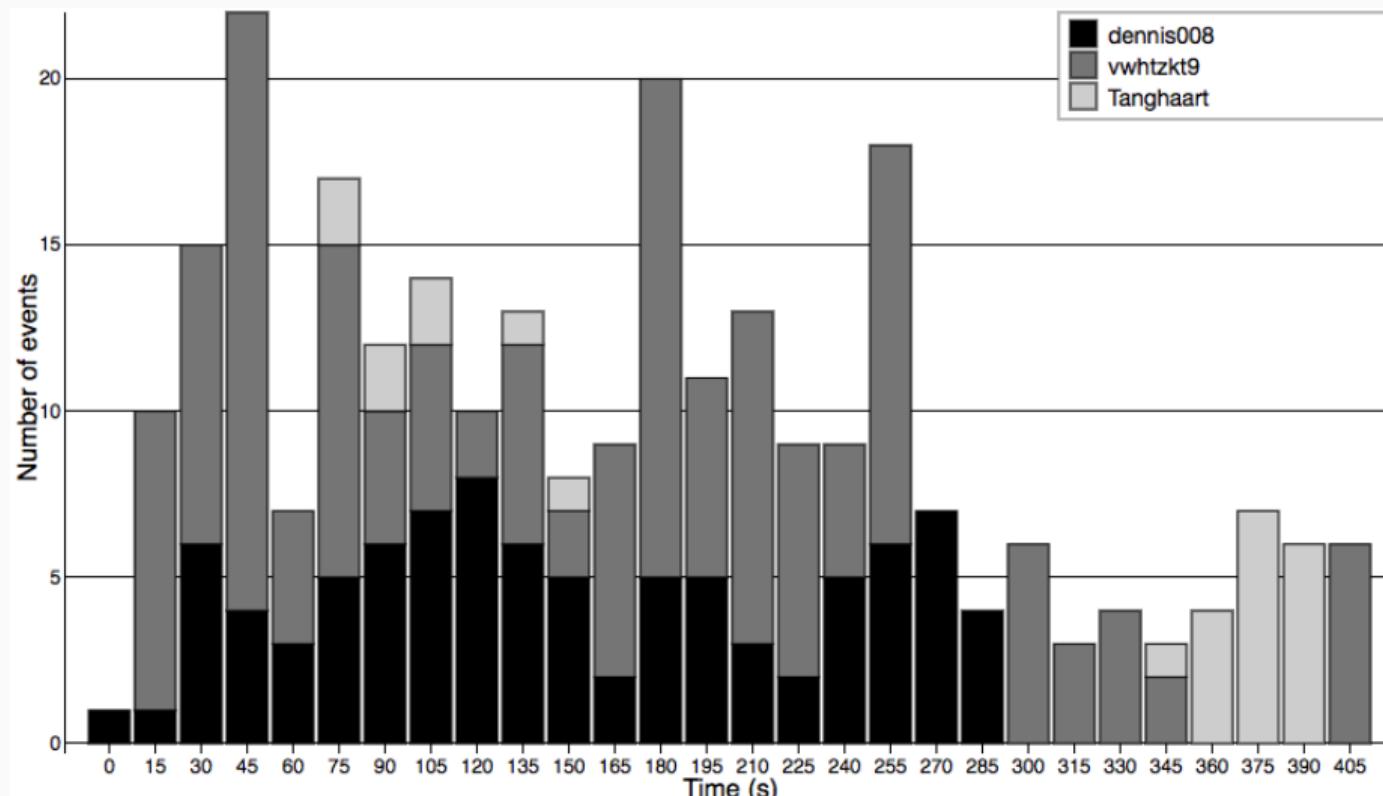
Analyse des données d'une session - par type d'événement



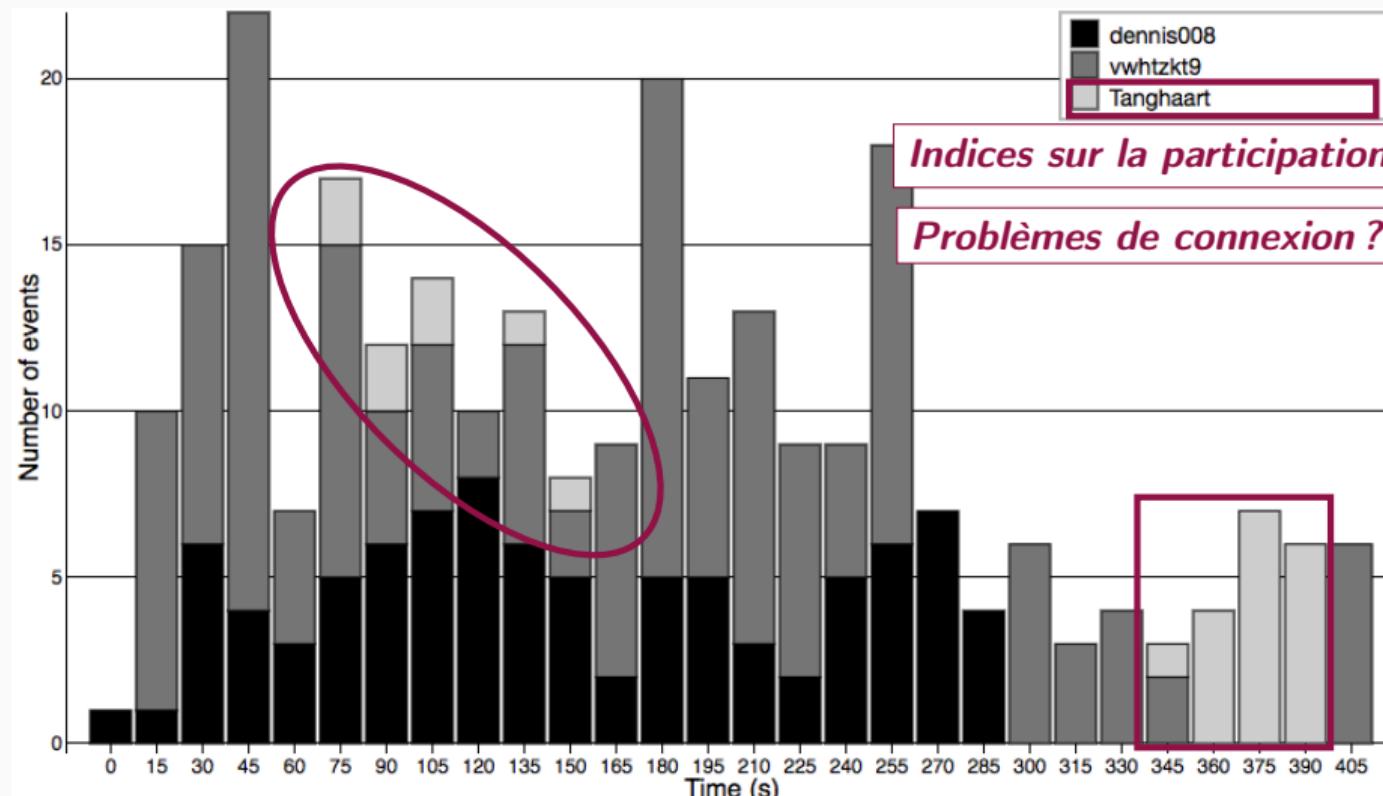
Analyse des données d'une session - par type d'événement



Analyse des données d'une session - par utilisateur



Analyse des données d'une session - par utilisateur



Bilan de l'approche orientée événements i

QR	Approche orientée événements	
QR1 Réseau	✓	Maillage partiel, flexible (instances serveur)
QR2 Traçabilité	✓	DDD et ES
QR3 Autonomie	✓	Stockage local et serveurs rapidement dispo
QR4 Validité	✓	DDD et CQRS
QR5 Métriques	✓ (quali.)	Cohérence, Fiabilité, Robustesse, Utilisabilité
	✓ (quant.)	

QR 1 L'architecture proposée est robuste, flexible, temps-réel et adaptée au web 3D.

QR 2 La traçabilité est assurée par l'ES et le DDD : langage partagé de la 3D. ES fournit des données immuables et fonctionnellement viables.

QR 3 L'utilisateur est rendu autonome par le fait de déporter CQRS et ES sur le client

QR 4 Règles métiers issues du DDD ; données validées le CQRS

Bilan de l'approche orientée événements ii

QR 5 Etudes utilisateurs (efficacité, ressentis, comportements collaboratifs).

L'évaluation quantitative, quelles pistes ?

Virtualisation complexe : WebRTC est une technologie récente

Nécessite l'intégration du modèle événementiel dans un logiciel de simulation beaucoup de variables à observer.

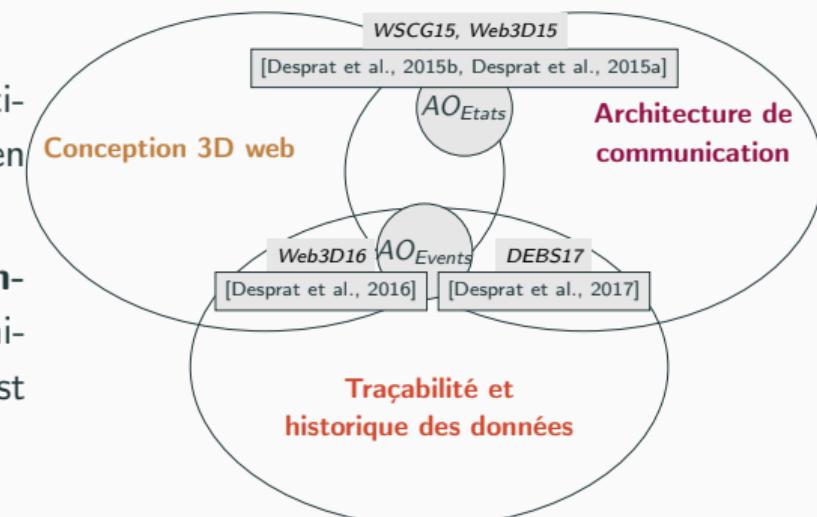
temps de dissémination d'un événement à travers le réseau

réactivité face à la charge (nombre d'événements traités / seconde)

Rappel des contributions

Architecture hybride : tous les pairs participent à la **distribution** et au **stockage** en temps réel de manière égalitaire.

Modèle événementiel : description **sémantique** permettant la **traçabilité** des manipulations. L'**expertise** des utilisateurs est sauvée et **réutilisable**.



Questions de recherche

Comment engager toutes les ressources
à disposition lors de la collaboration sur le web ?

QR	Approche orientée états	Approche orientée événements
QR1 Réseau	✓	✓
QR2 Traçabilité	✗	✓
QR3 Autonomie	✓	✓
QR4 Validité	✗	✓
QR5 Métriques	✓ (quali.) ✗ (quant.)	✓ (quali.) ✓ (quant.)

Usages potentiels

La conception d'un modèle événementiel à travers l'implémentation d'une plateforme comme 3DEvent peut servir d'autres applications asynchrones, distribuées et orientées événements.

Application au **versionnage 3D collaboratif** avancé.

Création de scénarios artificiels ou sur la base de traces utilisateurs intégrant le métier (jeux sérieux).

Traçage utilisateur et *crowdsourcing* pour repérer des zones d'intérêt ou proposer des résumés d'activité.

Concevoir des **audits et des outils de surveillance** pour les données 3D issues de la collaboration.

Perspectives

Comparaison quantitative des deux approches (mêmes interface/scénario/réseau)

Virtualisation des comportements collaboratifs

Gestion des conflits (super nœuds)

Compression 3D (avec événements)

Remerciements

Merci à tous et à toutes pour votre attention

Merci aux collègues du laboratoire IRIT

Merci à Jean-Pierre Jessel et Hervé Luga

Architecture événementielle pour les environnements virtuels collaboratifs sur le web : Application à la manipulation et à la visualisation d'objets 3D

Soutenance de thèse de **Caroline DESPRAT**

Vendredi 1er décembre 2017

IRIT - Université de Toulouse

Jury

Président : Thierry Duval (rapporteur)

Membres : Guillaume Lavoué (rapporteur)

Géraldine Morin (examinatrice)

Nancy Rodriguez (examinatrice)

Hervé Luga (directeur)

Jean-Pierre Jessel (co-directeur)

References i

-  Bang, J., Brun, Y., and Medvidovic, N. (2017).
Continuous Analysis of Collaborative Design.
-  Baran, I. (2015).
Under the Hood : How Collaboration Works in Onshape.
-  Chen, H.-M. and Hou, C.-C. (2014).
Asynchronous online collaboration in BIM generation using hybrid client-server and P2P network.
Autom. Constr., 45 :72–85.
-  Desprat, C., CaudeSaygues, B., Luga, H., and Jessel, J.-P. (2017).
Doctoral Symposium : Loosely Coupled Approach for Web-Based Collaborative 3D Design.
In *Proc. ACM Int. Conf. Distrib. Event-Based Syst.*

References ii

-  Desprat, C., Jessel, J.-P., and Luga, H. (2015a).
A 3D collaborative editor using WebGL and WebRTC.
Proc. 20th Int. Conf. 3D Web Technol. - Web3D '15, pages 157–158.
-  Desprat, C., Jessel, J.-P., and Luga, H. (2016).
3DEvent : A Framework Using Event-Sourcing Approach For 3DWeb-Based Collaborative Design in P2P.
In *Proc. 21st Int. Conf. Web3D Technol. - Web3D '16*, pages 73–76.
-  Desprat, C., Luga, H., and Jessel, J.-P. (2015b).
Hybrid client-server and P2P network for web-based collaborative 3D design.
WSCG 2015 Conf. Comput. Graph. Vis. Comput. Vis., pages 229–238.
-  Evans, E. (2003).
Domain-Driven Design : Tackling Complexity in the Heart of Software.
Addison Wesley.

References iii

-  Fowler, M. (2003).
Patterns of Enterprise Application Architecture, volume 23.
Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
-  Grasberger, H., Shirazian, P., Wyvill, B., and Greenberg, S. (2013).
A data-efficient collaborative modelling method using websockets and the BlobTree for over-the air networks.
Proc. 18th Int. Conf. 3D Web Technol. - Web3D '13, page 29.
-  Hu, Y. and Chen, Z. (2017).
WebTorrent Based Fine-grained P2P Transmission of Large- scale WebVR Indoor Scenes.

-  Imae, K. and Hayashibara, N. (2016).
ChainVoxel : 3D ChainVoxel : A Data Structure for Scalable Distributed Collaborative Editing for 3D Models.
2016(6) :1–8.
-  Koskela, T., Heikkinen, A., Harjula, E., Levanto, M., and Ylianttila, M. (2015).
RADE : Resource-aware Distributed Browser-to- browser 3D Graphics Delivery in the Web.
IEEE Wirel. Mob., pages 500–508.
-  Mouton, C., Parfouru, S., Jeulin, C., Dutertre, C., Goblet, J.-L., Paviot, T., Lamouri, S., Limper, M., Stein, C., Behr, J., and Jung, Y. (2014).
Enhancing the Plant Layout Design Process using X3DOM and a Scalable Web3D Service Architecture.

-  Scully, T., Dobos, J., Sturm, T., and Jung, Y. (2015).
3drepo . io : Building the Next Generation Web3D Repository with AngularJS and X3DOM.
In *Web3D '15 Proc. 20th Int. Conf. 3D Web Technol.*, pages 235–243.
-  Taheri, S., Beni, L. A., Veidenbaum, A. V., Nicolau, A., Cammarota, R., Qiu, J., Lu, Q., and Haghigat, M. R. (2015).
WebRTCbench : A benchmark for performance assessment of webRTC implementations.
ESTIMedia 2015 - 13th IEEE Symp. Embed. Syst. Real-Time Multimed., (1).
-  Tominski, C. (2006).
Event-Based Visualization for User-Centered Visual Analysis.
Computer (Long. Beach. Calif.).

-  Young, G. (2009).
Code Better.