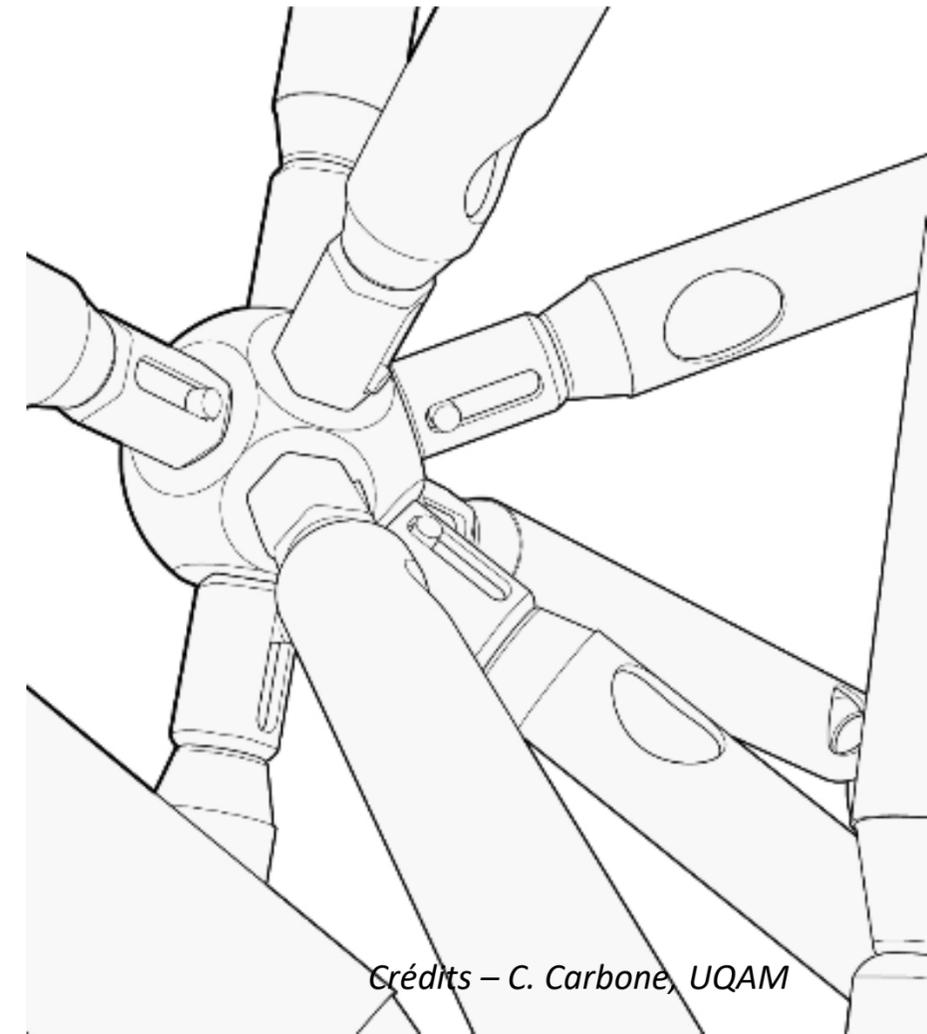


La construction hors-site et les plateformes numériques

Ivanka Iordanova, Ph.D

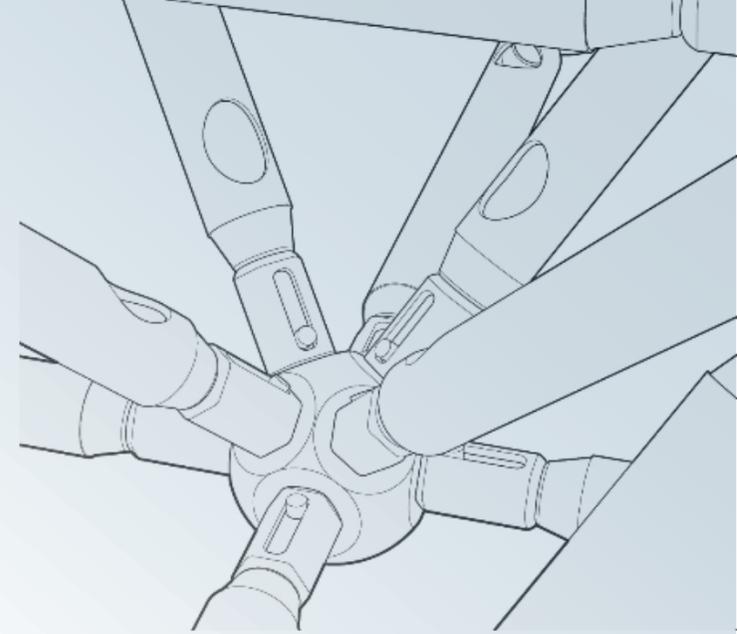


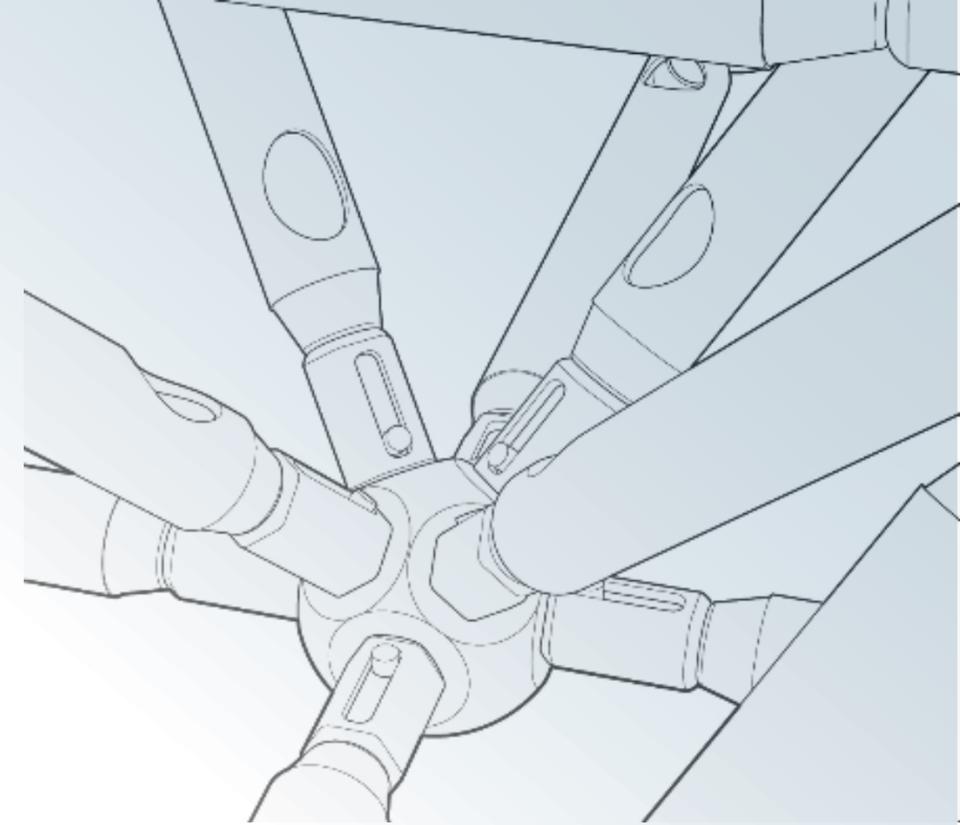
Points principaux

Intro: BIM et le renouveau de la préfabrication et du pré-assemblage

1. Le BIM – un maillon dans l'écosystème numérique d'un projet industrialisé
2. Plateformes numériques en support du DfMA
3. De la conception à la fabrication; Configurateurs
4. D'autres types de logiciels spécialisés
5. Un des défis...

En guise de conclusion: L'effet du numérique et la durabilité





Intro:

BIM et le renouveau de la préfabrication et du pré-assemblage

Une symbiose indispensable
pour leur succès

Numérisation de la construction

BIM est l'expression de cette numérisation aujourd'hui (Succar, 2018)



https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf

BIM – en adoption généralisée

Au Canada

Le seul pays du G7 sans mandat pour BIM

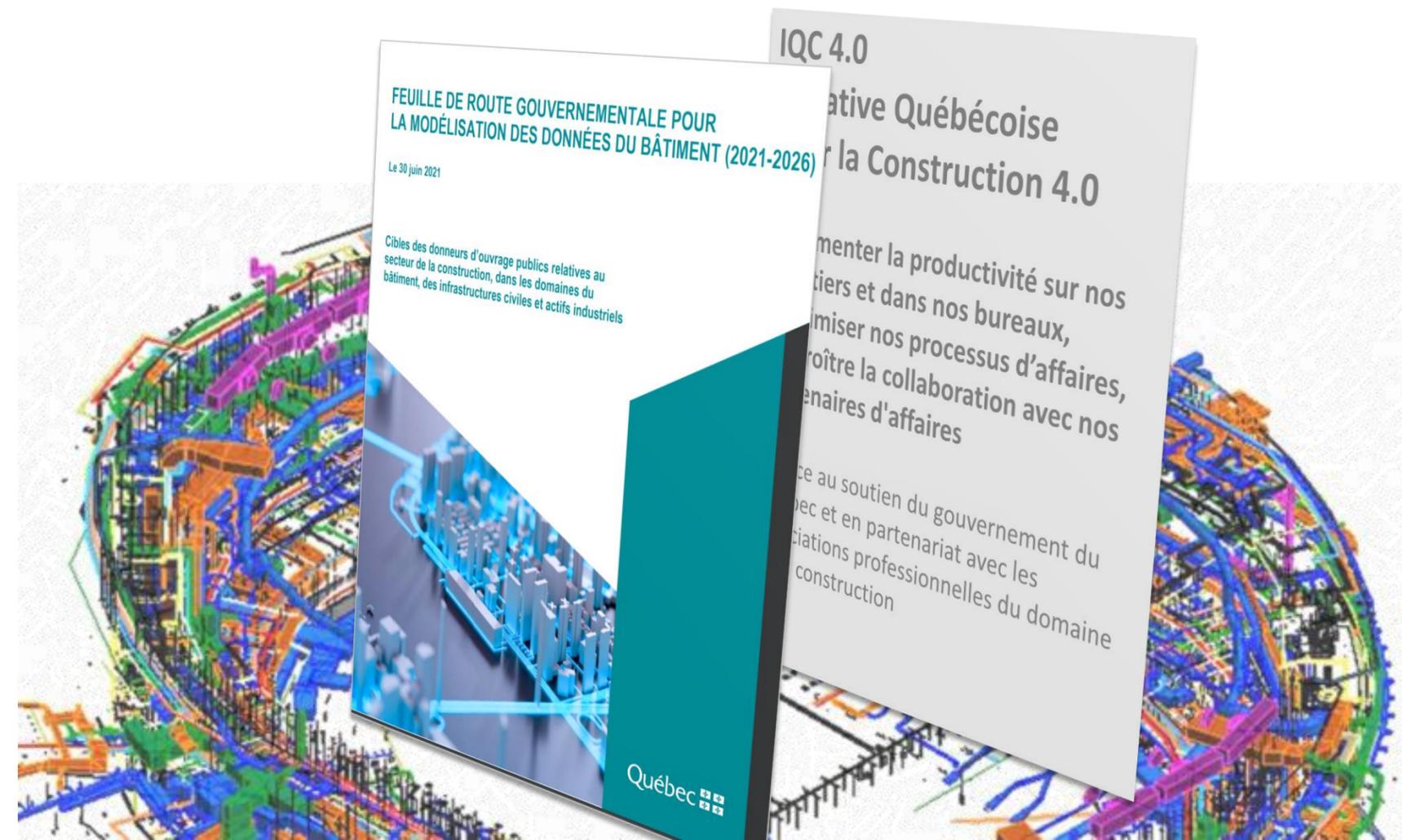
- 82% sont des usagers actifs de BIM
- 88% partagent leurs fichiers BIM avec au moins 1 organisation externe
- 33% - avec 5 ou plus organisations
- 60% admettent le besoin d'un standard de l'industrie
- 94% pensent que BIM est le futur de l'information des projets et des pratiques en construction (AECO)
- Barrières:
 - manque de demande du client
 - lenteur de l'industrie d'innover

(source: U of Toronto)

Au Québec

Vu comme exemple au Canada!

- La Ville de Québec, la SQI
- IQC 4.0
- Le PAC – Plan d'action pour la construction
- **Le feuille de route gouvernementale - BIM**



Les bénéfices du BIM dans l'industrie québécoise

Offre des gains importants en efficacité 37 %

Diminue le risque en chantier 34 %

Offre la possibilité de préfabrication et d'intégration des manufacturiers 26 %

Réduit les déchets et du gaspillage 24 %

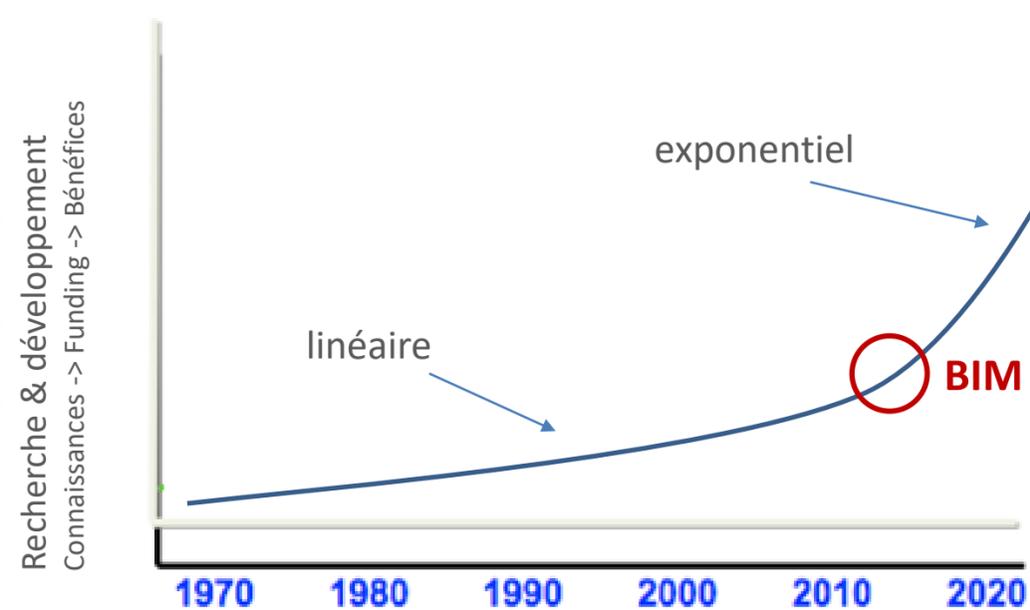
Améliore le transfert des données de construction vers la gestion des actifs 21 %

Améliore la transparence au niveau de la communication 21 %

Offre un grand potentiel d'automatisation pour industrialiser la construction 21 %

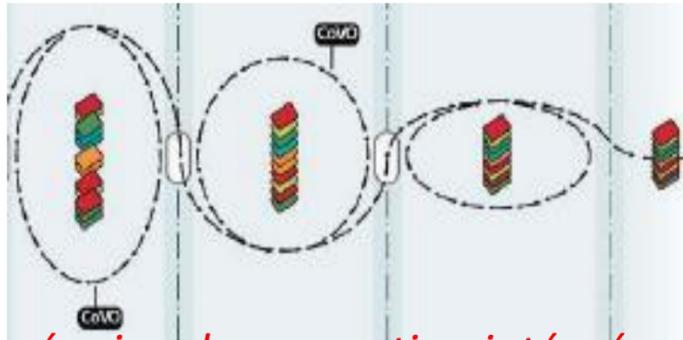
BIM (Building Information Modeling) & l'accélération de l'innovation

Innovation systémique



BIM **VDC**
Conception et construction virtuelles
Jumeaux numériques
Bâtiments intelligents Lean construction
Automatisation Villes intelligentes
Robotisation **DfMA**
Intelligence artificielle **Fabrication hors site**
Fabrication numérique Impression 3D
Exosquelettes **Économie circulaire**
Objets connectés **DfD**
Construction 4.0
Industrialisation

Synergies



équipe de conception intégrée
processus itératif
 valeur pour le client; performance optimale du bâtiment, durabilité



gestion des processus
basée sur production manufacturière
 culture, max value, min waste, motivation



méthodes et outils
 integration des processus et de l'information, collaboration

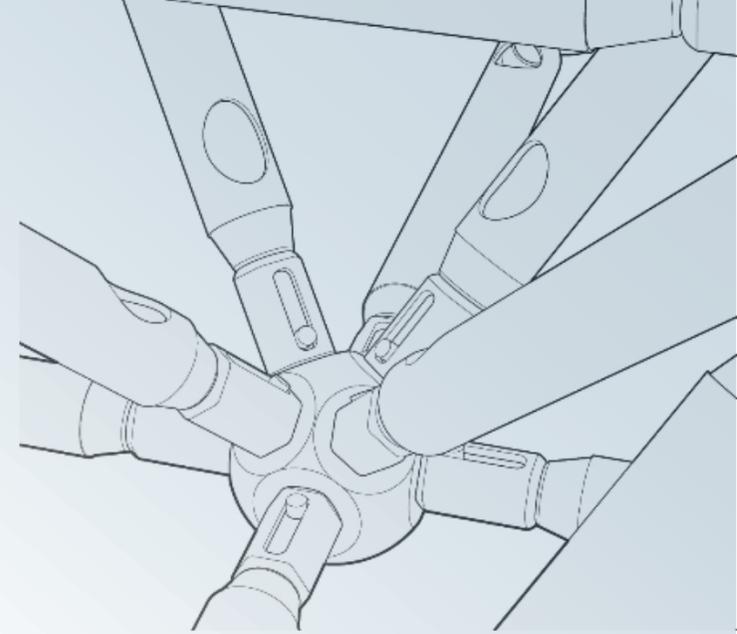


relations, contrats
 risques et bénéfices partagés, responsabilité solidaire



construction hors-site méthodes
manufacturières
 qualité, échéancier, conditions de travail

Rôle potentiel du BIM pour faciliter la construction industrialisée



Communiquer, expliquer, inciter à collaborer
Coordonner avec précision avant d'envoyer à la fabrication
Simuler la construction, le séquençement, l'assemblage

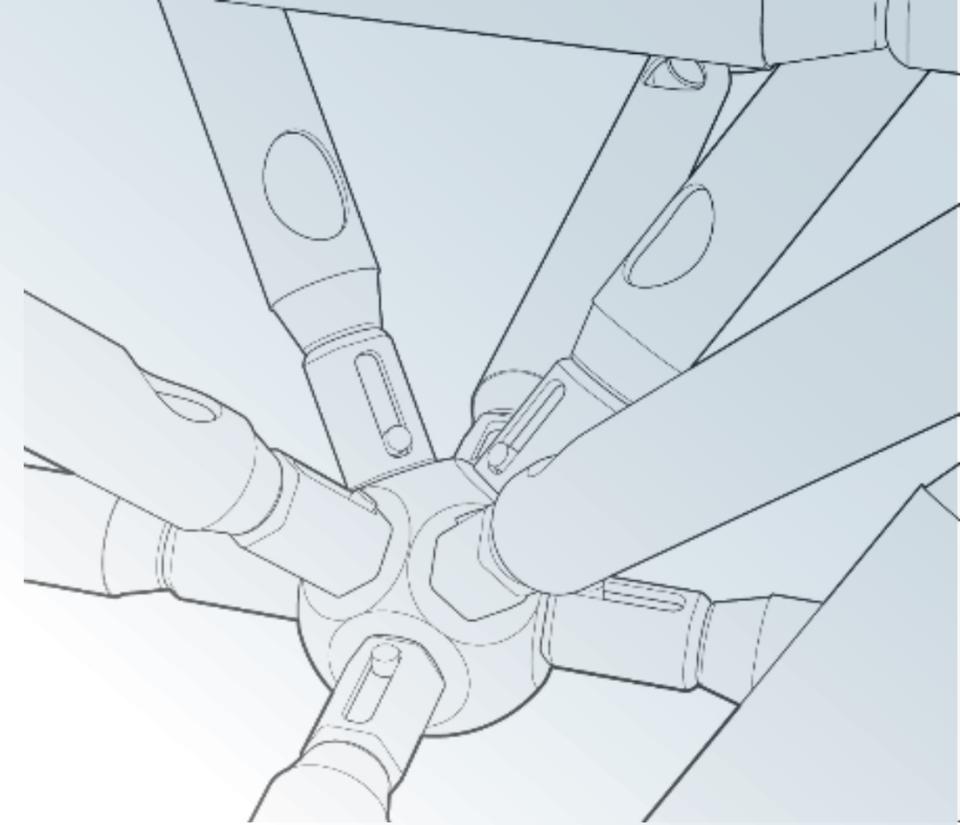
Expliquer l'assemblage
Démontrer les responsabilités par phase du projet
Fournir les données pour la logistique

...

BIM vs les défis et freins à la construction industrialisée

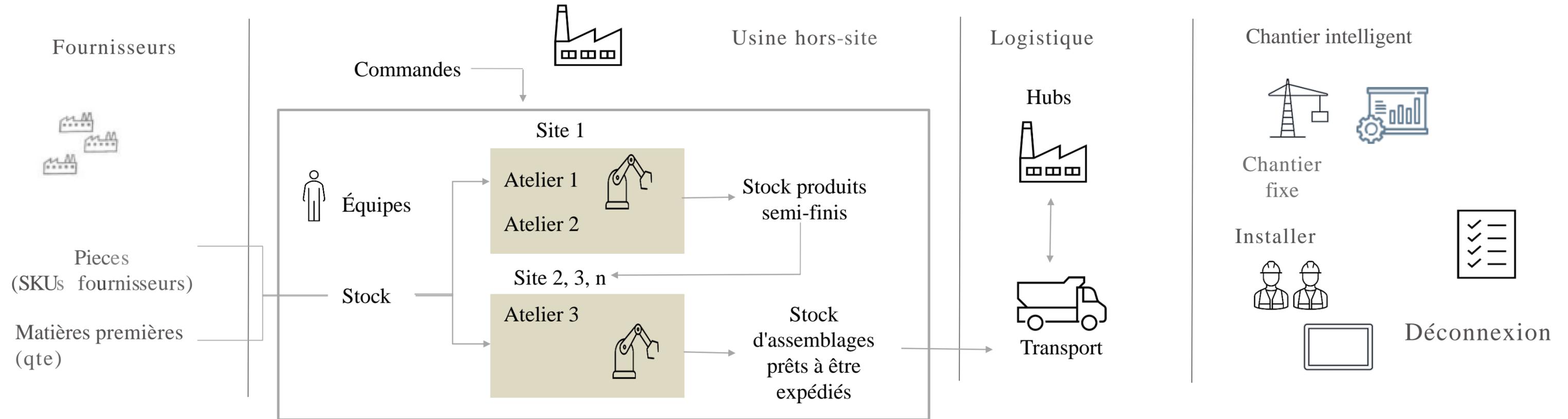
Obstacles à la construction industrialisée \ Bénéfices du BIM	Optimisation des plannings	Réduction des coûts	Amélioration de la conception	Meilleure formation	Meilleure collaboration	Meilleure logistique	Réduction des erreurs de conception	Amélioration de la qualité de l'information	Réduction des modifications
Besoin d'un bon niveau d'intégration des systèmes d'information					•			•	
Mauvaise réputation	•	•	•						
Expérience limitée				•	•				•
Difficulté de modification			•		•		•	•	•
Problèmes de transport	•		•		•	•			
Long délai de mise en œuvre	•		•		•	•	•	•	
Coûts élevés	•	•	•		•	•	•	•	•
Esthétique à améliorer			•					•	

BIM et hors-site, un mariage parfait (source: Isikdag U, 2013)



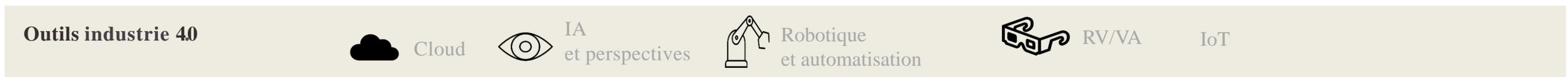
1. Le BIM – un maillon dans l'écosystème numérique d'un projet industrialisé

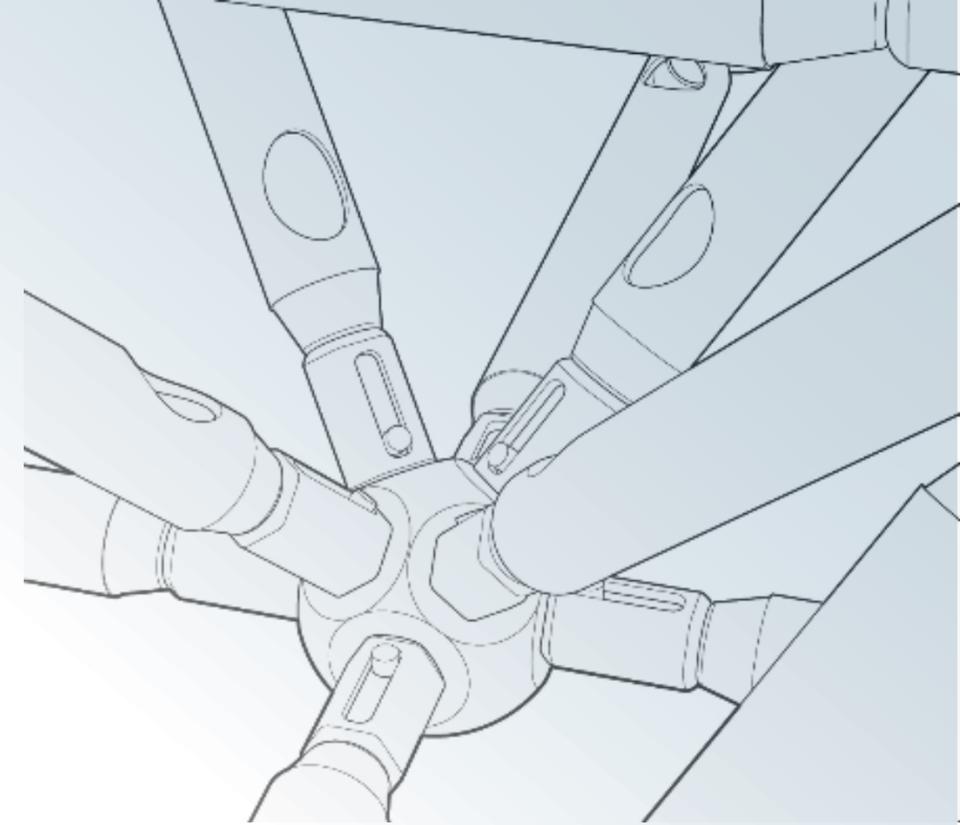
Environnement numérique de gestion



Data	SKU nombre de parts	Inventaire, Commandes/ Employes	Espace# Projets	Process# Machines	Boutique Site	Code de pre-assemblage	Bon de livraison
------	---------------------	---------------------------------	-----------------	-------------------	---------------	------------------------	------------------

BIM	SKU BIM Library	Sous-assemblages librairie BIM	Configurateur d'assemblages	Modèle de fabrication			Modèle d'installation	BIM au chantier	As-Verified Model
-----	-----------------	--------------------------------	-----------------------------	-----------------------	--	--	-----------------------	-----------------	-------------------





2. Plateformes numériques en support du DfMA

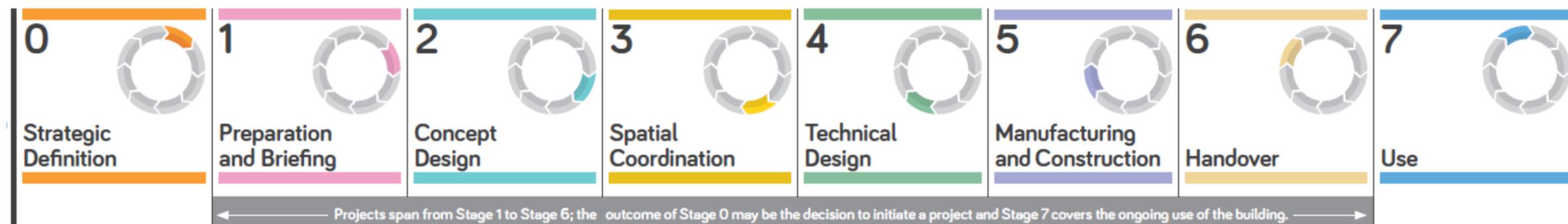
“The first challenge facing DfMA application in construction is lack of a suitable ecosystem that enables its widespread adoption. An ecosystem includes guidelines, standards, and affordable technologies” (Lu et al., 2021, p. 87)

DfMA – Design for Manufacturing and Assembly

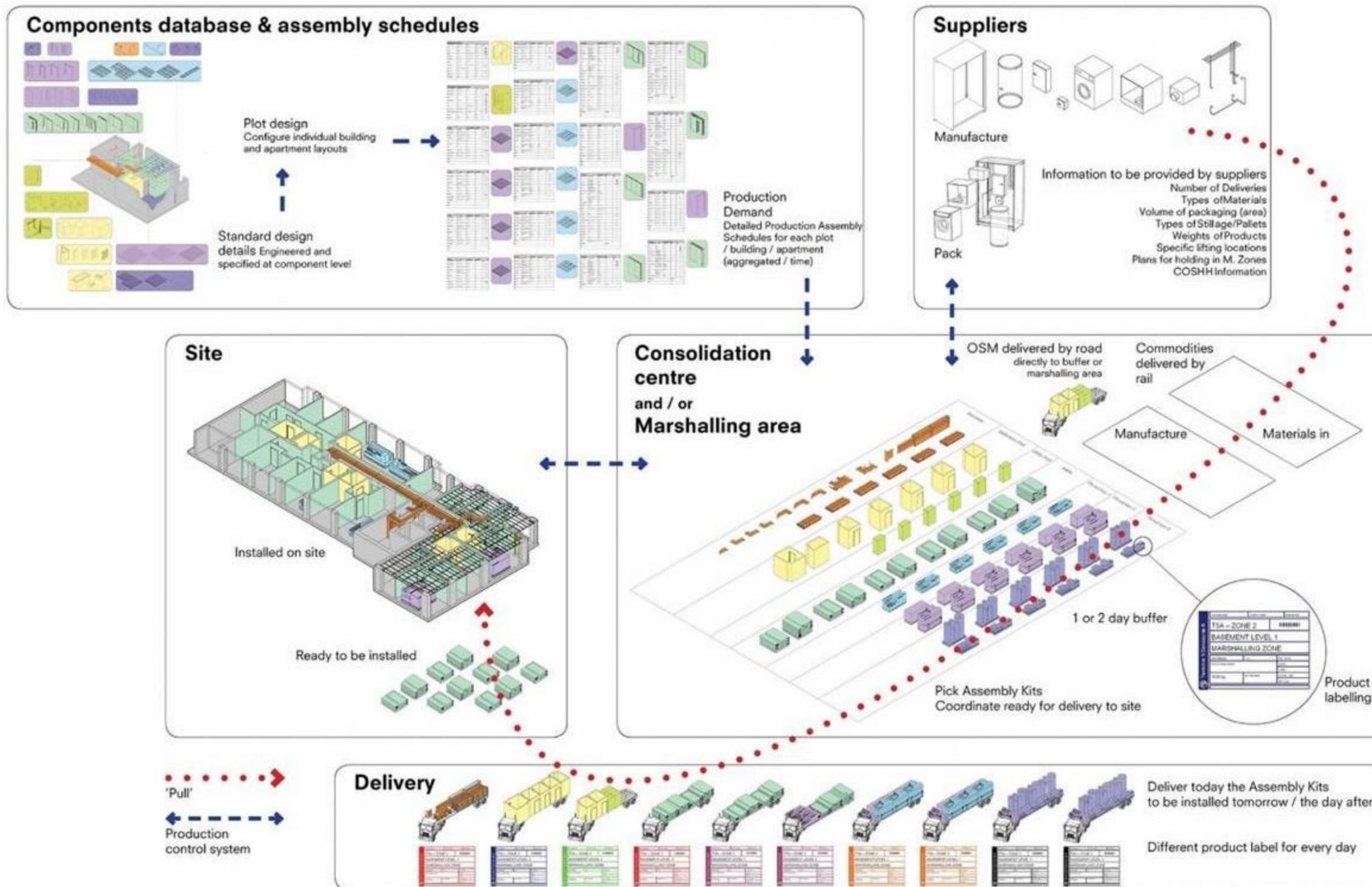
Conception pour la fabrication et l'assemblage

Standardiser pour pouvoir être créatifs et efficaces

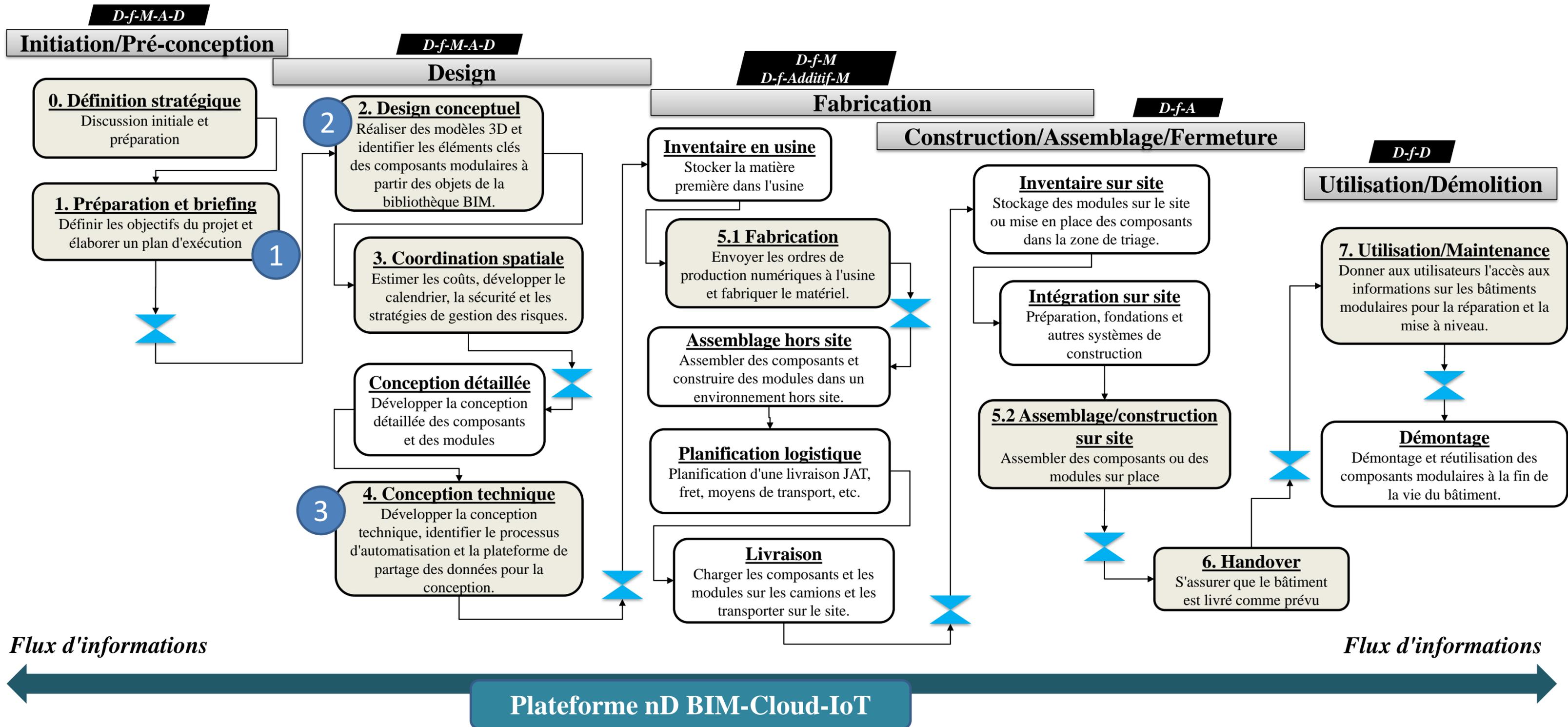
Design for Manufacture	Design for Assembly
<ul style="list-style-type: none"> • Design for productivity 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimize and manage interfaces including templates / jigs
<ul style="list-style-type: none"> • Design for logistics 	<ul style="list-style-type: none"> • Simplify and reduce sub-assemblies and component parts
<ul style="list-style-type: none"> • Design to be modular 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce assembly risks
<ul style="list-style-type: none"> • Design to facilitate manufacturing 	<ul style="list-style-type: none"> • Make sub-assembly easy
<ul style="list-style-type: none"> • Optimize design for supplier capabilities 	<ul style="list-style-type: none"> • Design for easy handling
<ul style="list-style-type: none"> • Use common parts and materials 	<ul style="list-style-type: none"> • Use efficient methods of joining
	<ul style="list-style-type: none"> • Prototype and perform first run studies



Écosystème de la Construction Hors-Site (selon Bryden Wood, UK)

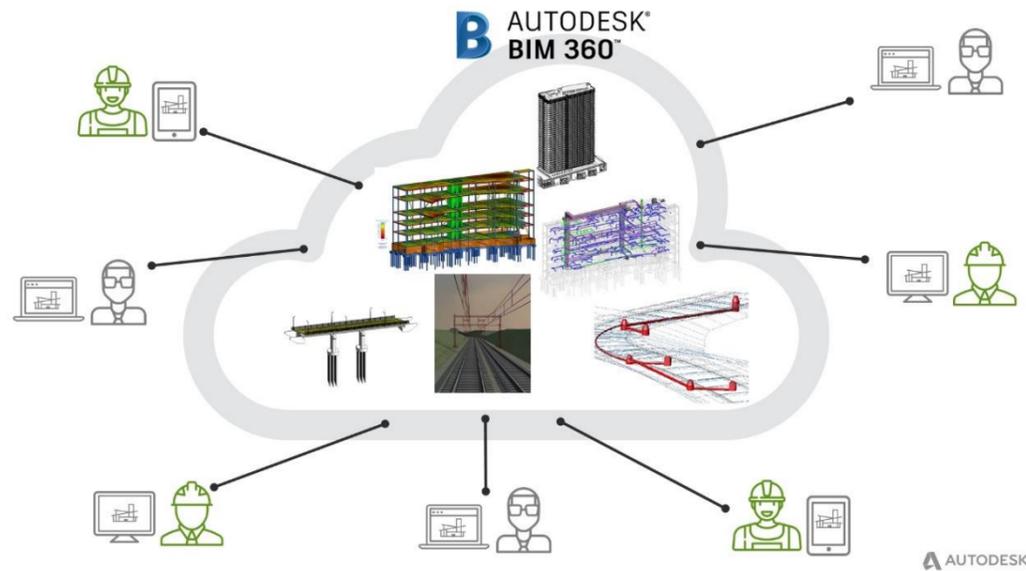


Cadre conceptuel pour une plateforme DfMA-Construction

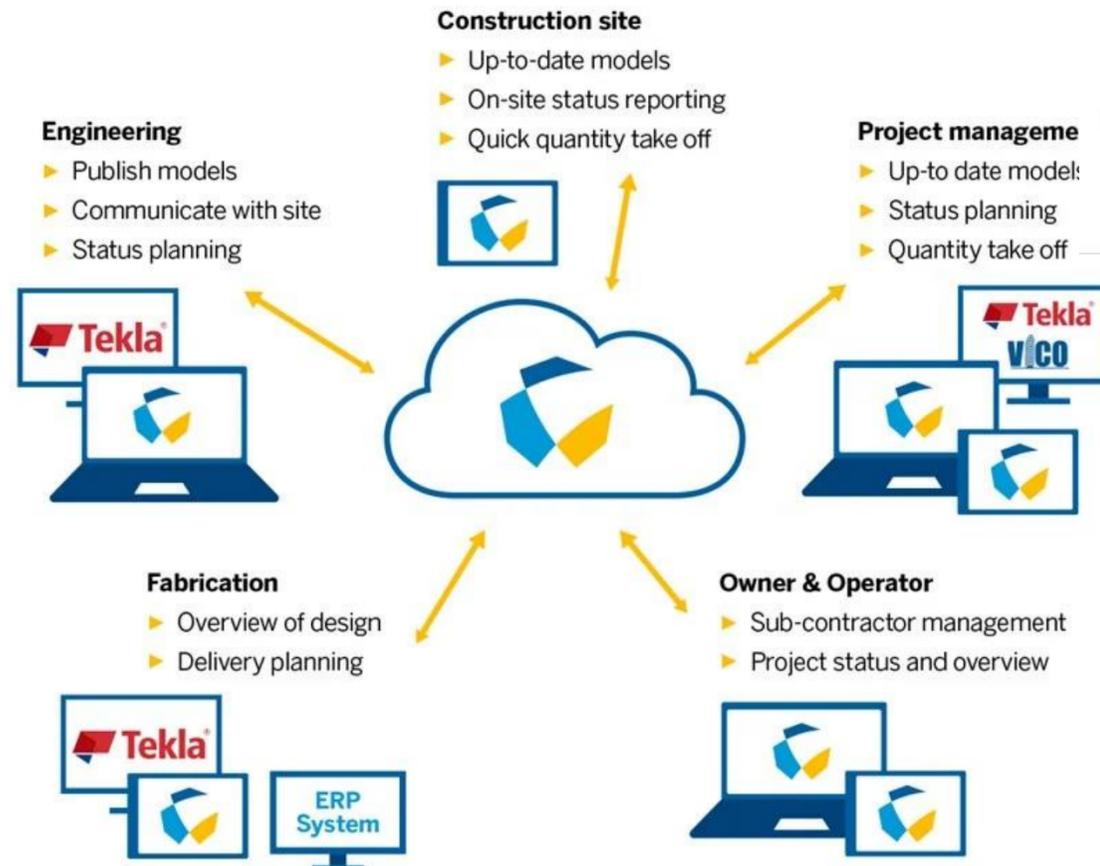


Source : Rankohi, S., Thèse de PhD (2022)
 Rankohi, S., Carbone, C., Iordanova, I., & Bourgault, M. (2022)

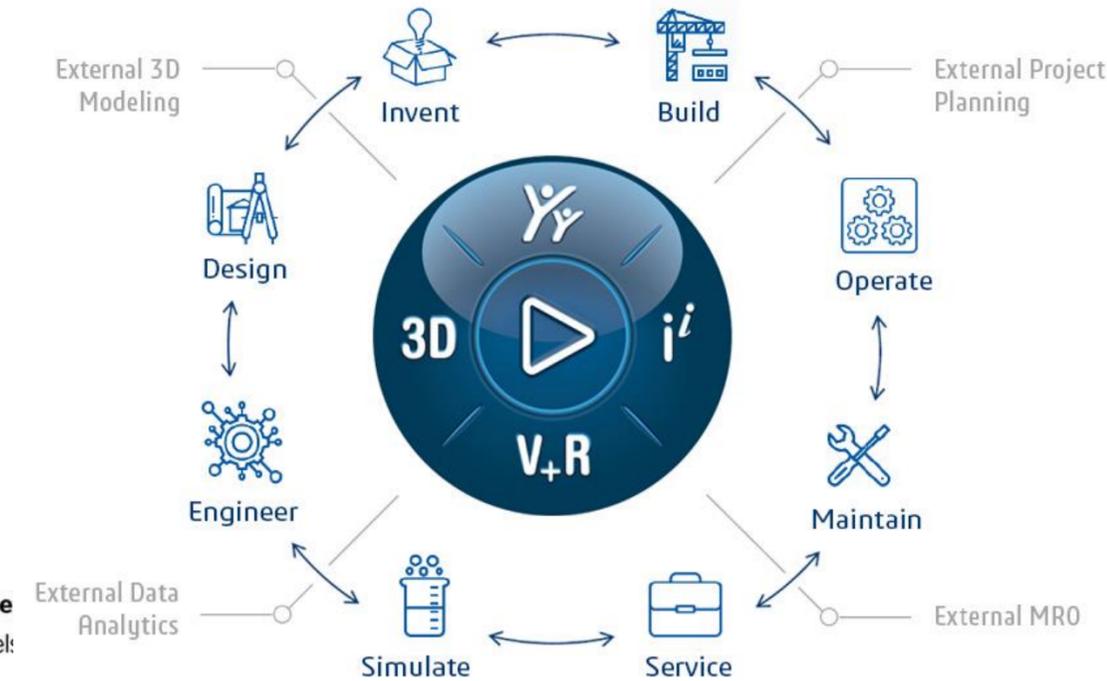
Plateformes numériques – manque de fonctionnalités spécifiques DfMA



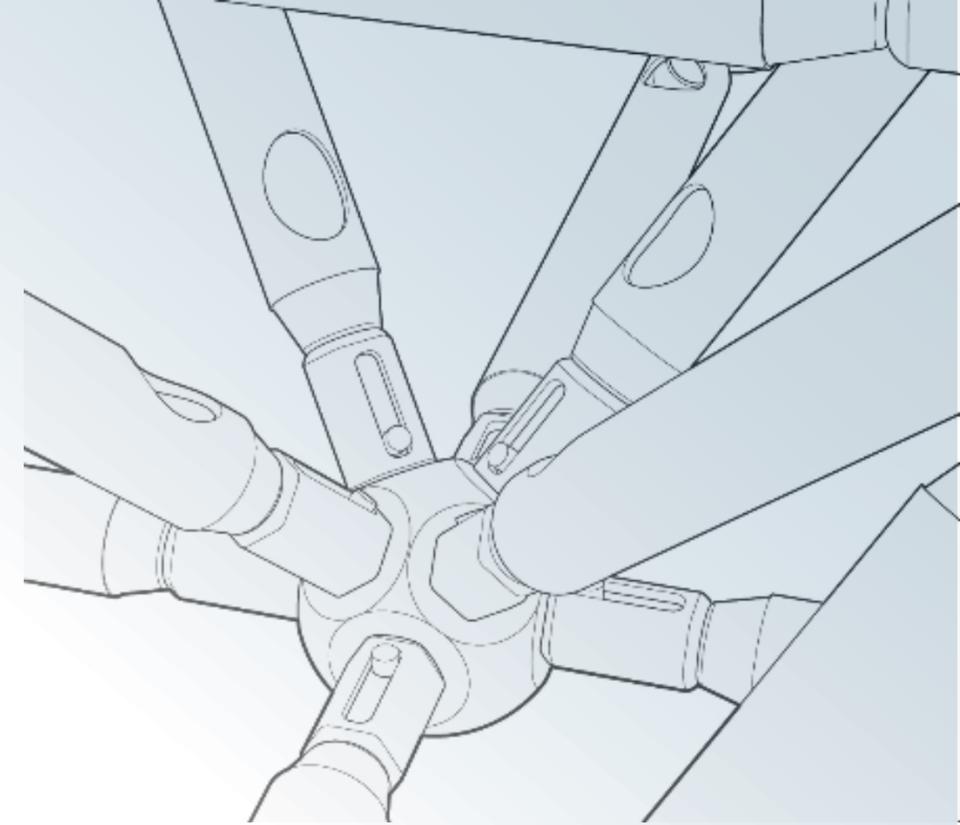
Autodesk – Construction Cloud



Trimble Connect - Trimble



3D expérience - Dassault



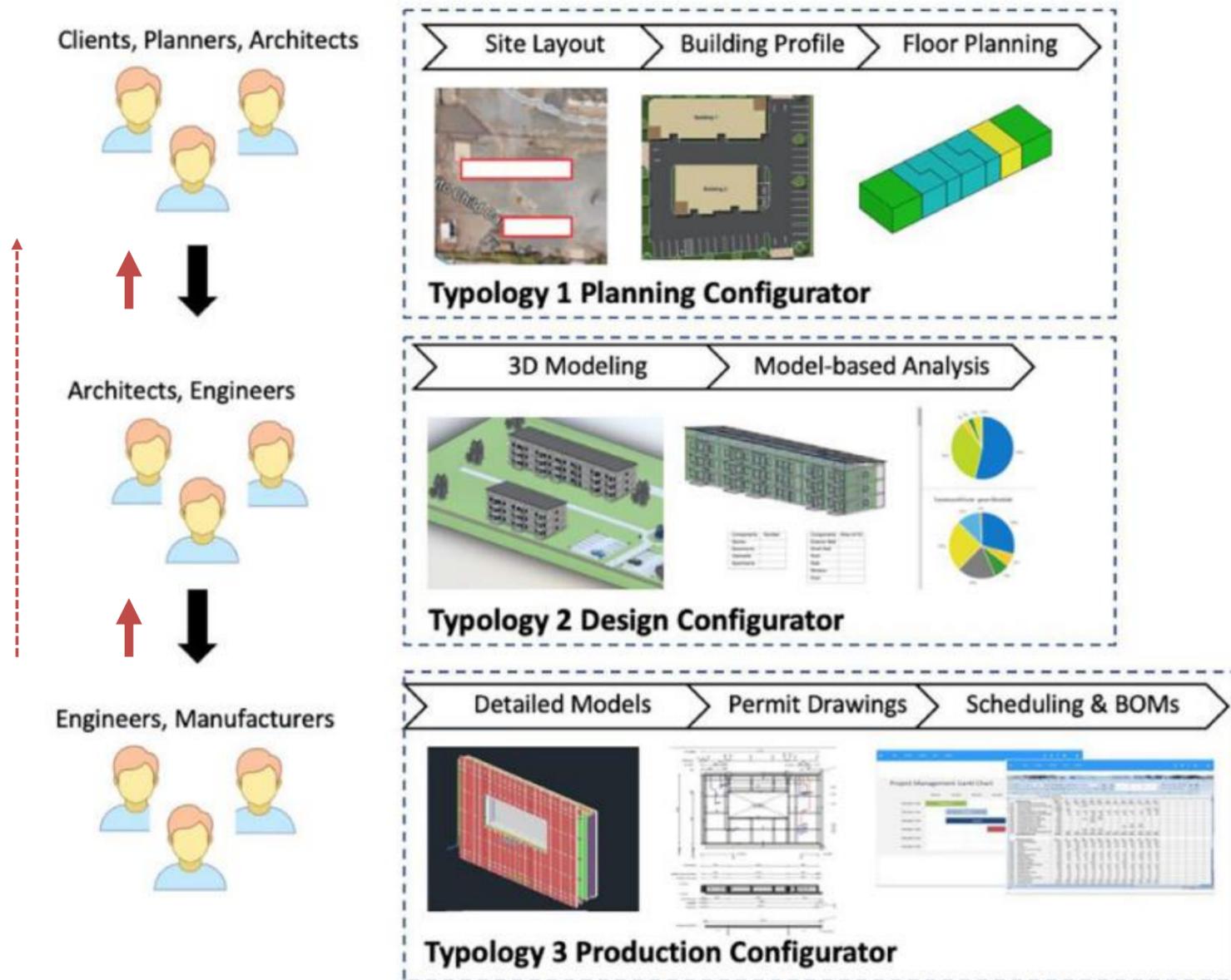
3. De l'idée à la planification;

optimisation de la conception en vue de la fabrication;

de la conception à la fabrication;

- Configureurs

Configurators workflow

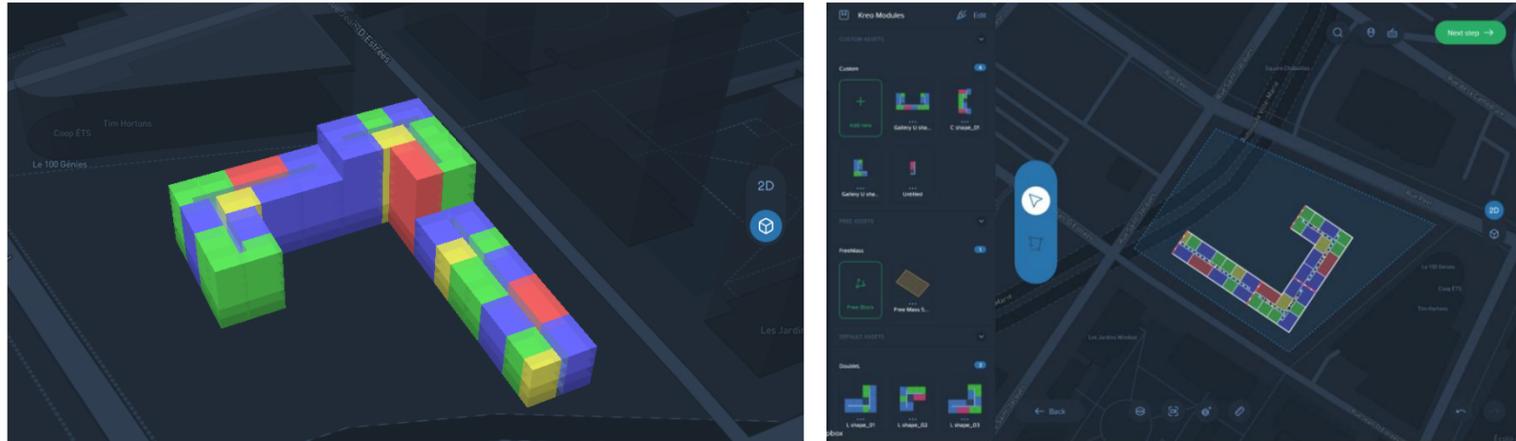


3 types de configurateurs, Cao et al. (2021)

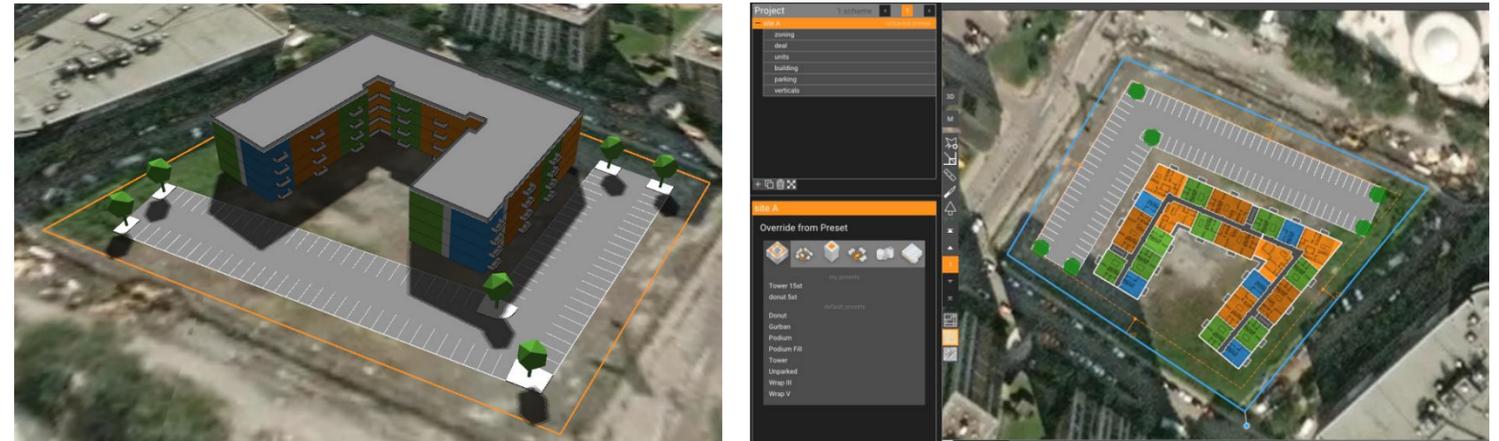


Prism-app.io – la mairie de Londres

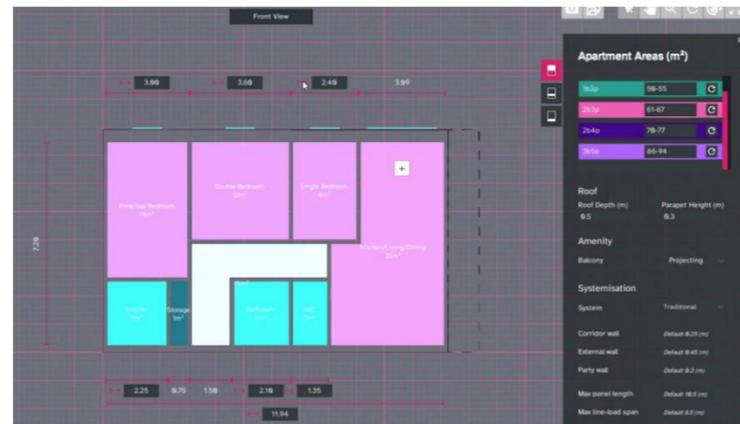
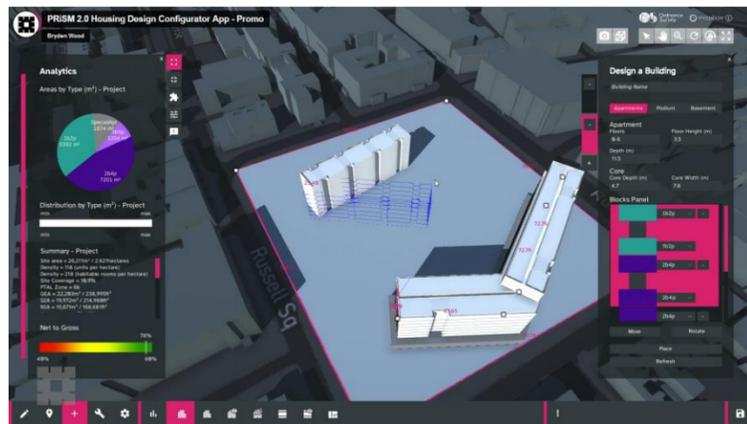
Meilleures pratiques de l'industrie : Configurateurs de planification / conception



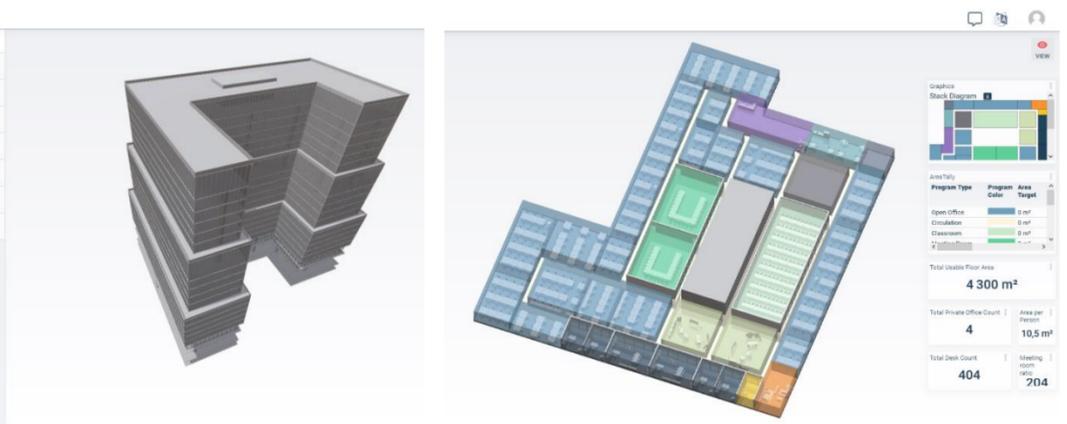
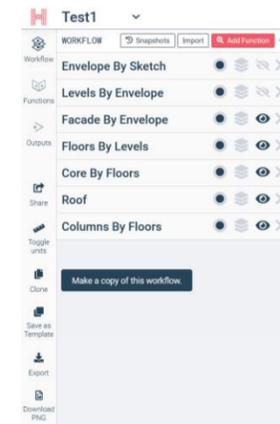
Kreo Modular – Kreo Software



TestFit – TestFit Inc. (Plug-in Revit)



PrismApp – Prism



Hypar – Hypar Inc. (Plug-in Revit)

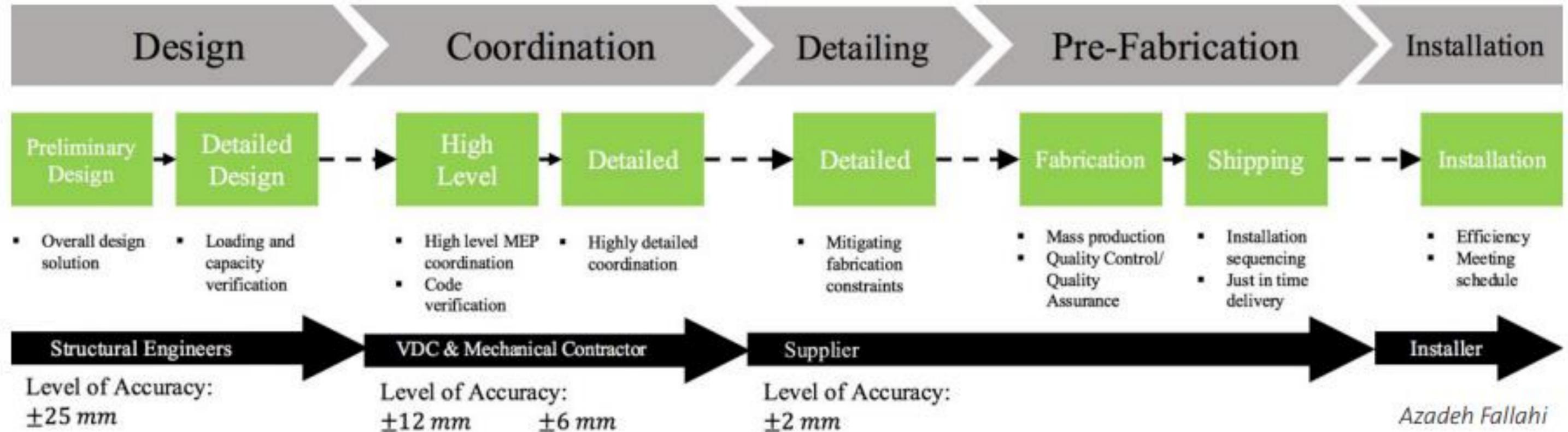
www.skema.site

www.prism-app.io

www.testfit.io

www.hypar.io

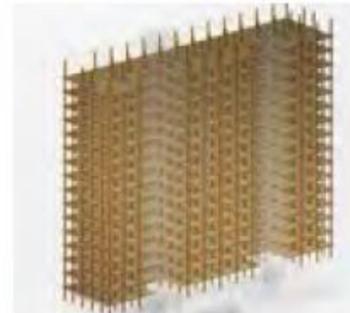
Les étapes dans un DfMA et les requis associés



Azadeh Fallahi

BIM pour les manufacturiers

- Différents LOD d'un modèle: LOD400 = modèle de fabrication
- Plateforme de DfMA – basée sur BIM
- Coordination précise avant la mise en fabrication
- Possibilité de simuler le processus d'assemblage



Coordination Model



Fabrication Model



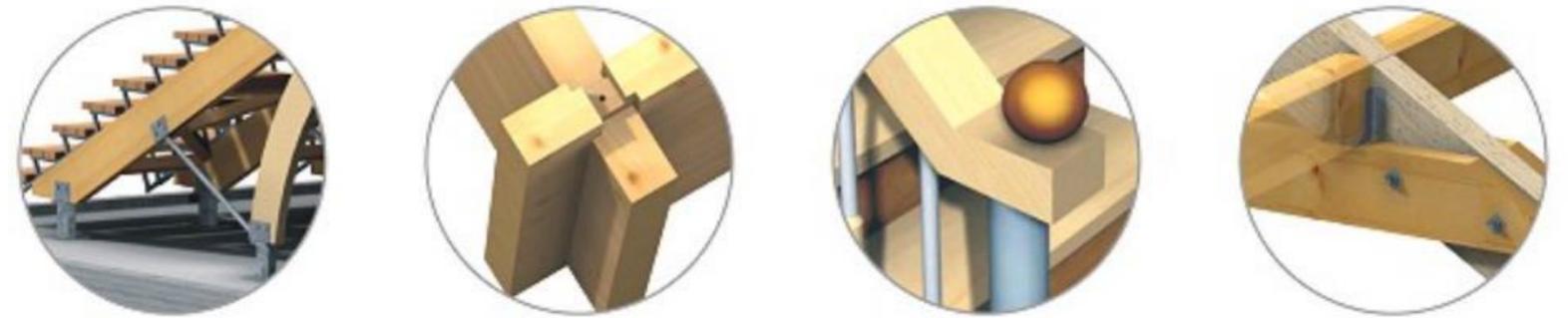
Assembly Model



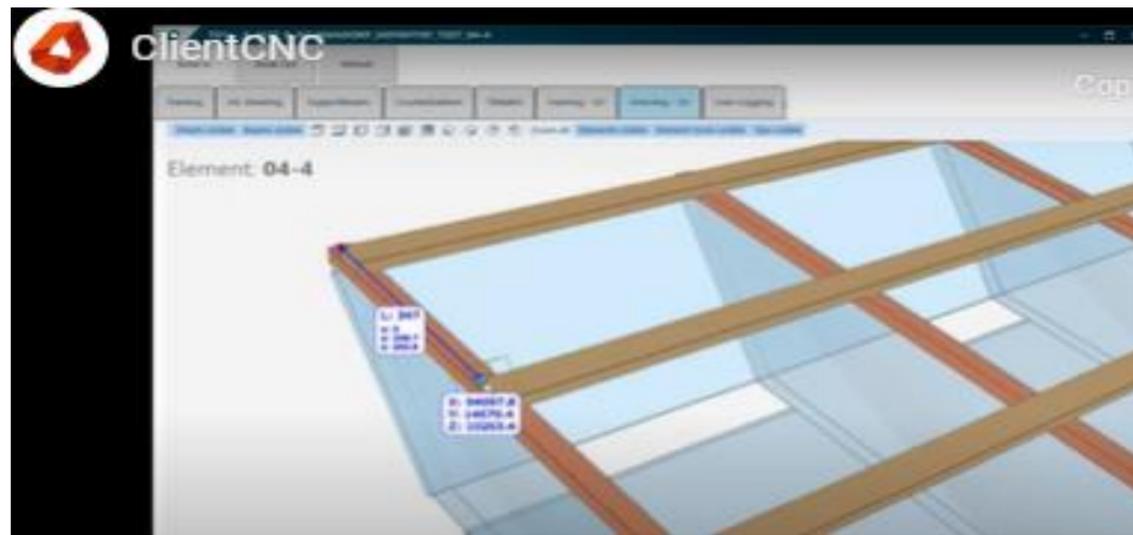
Configurateurs de fabrication



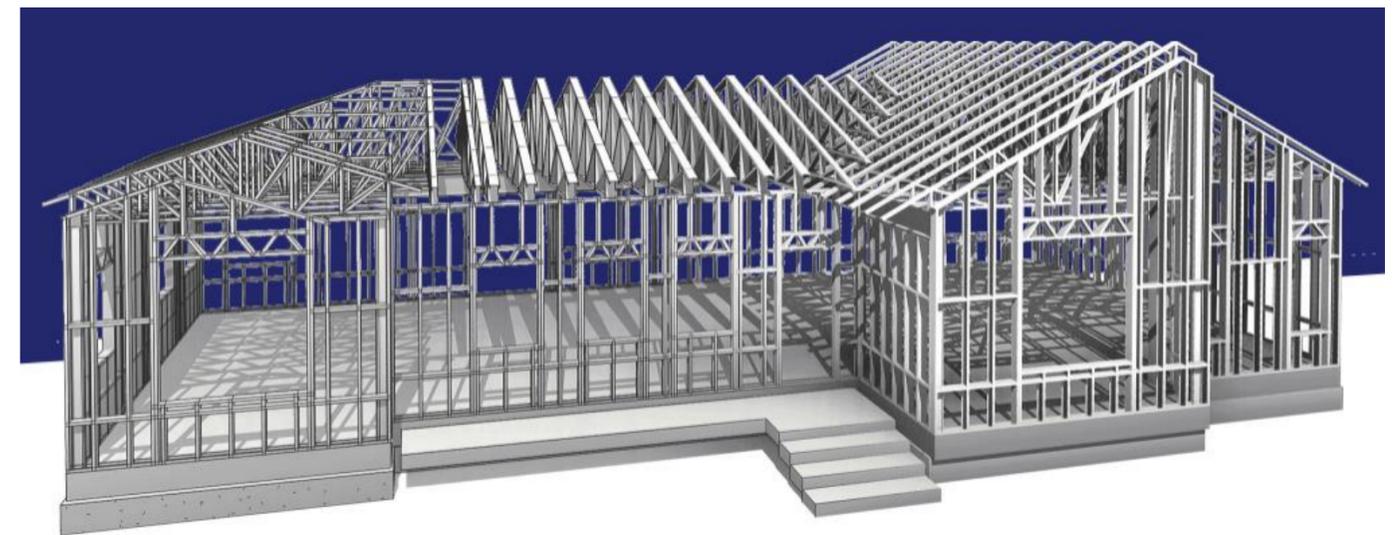
https://issuu.com/cadwork/docs/brochure_en_ca/5



<https://www.sema-soft.com/en/start.htm>

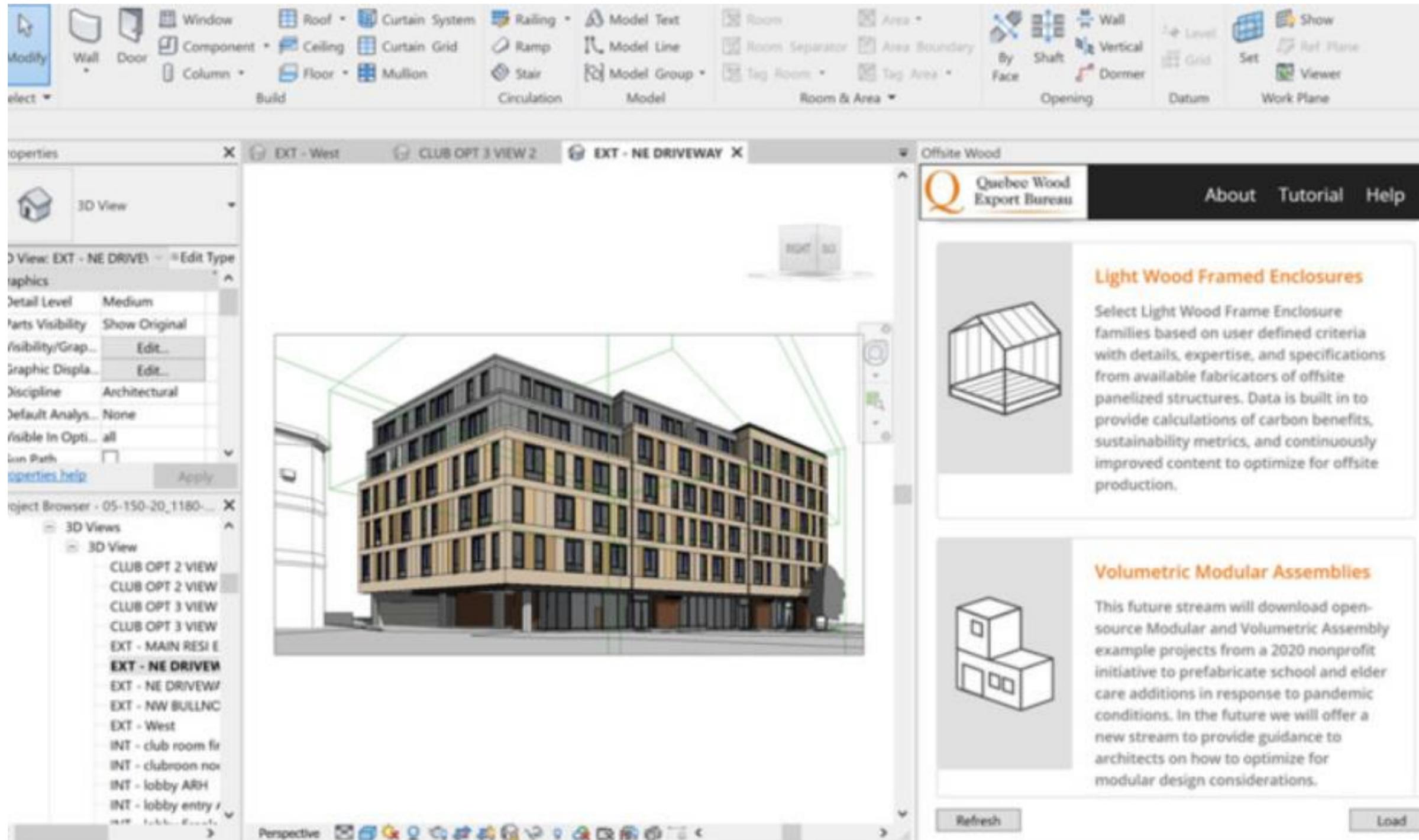


www.hsbcad.com/solutions/manufacture



StrucSoft – MWF <https://strucsoftsolutions.com/mwf-pro-metal/>

QWEB - Application - Revit

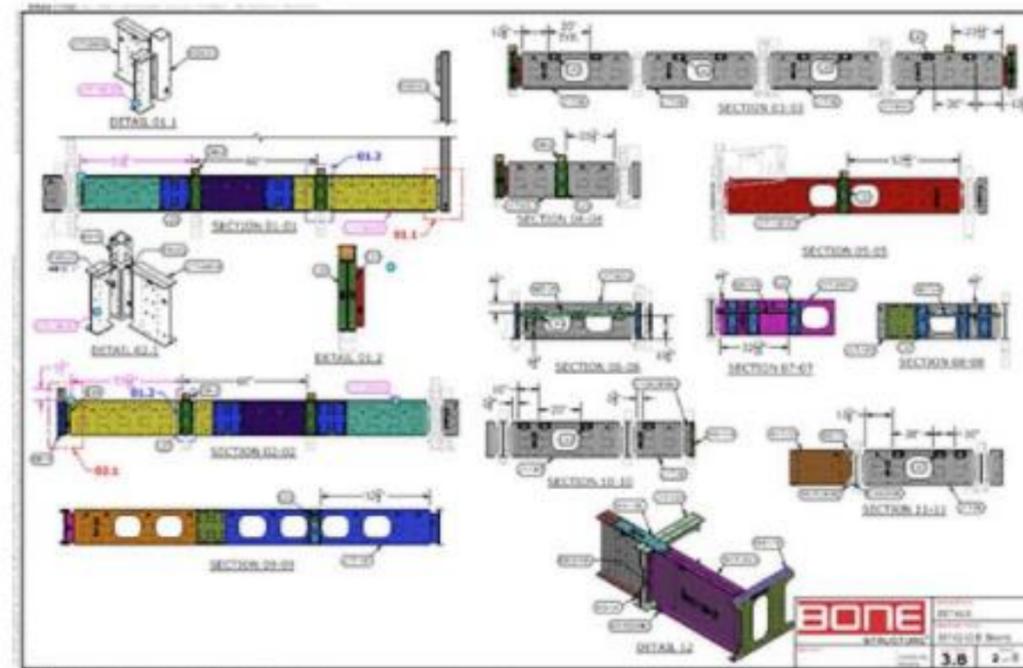
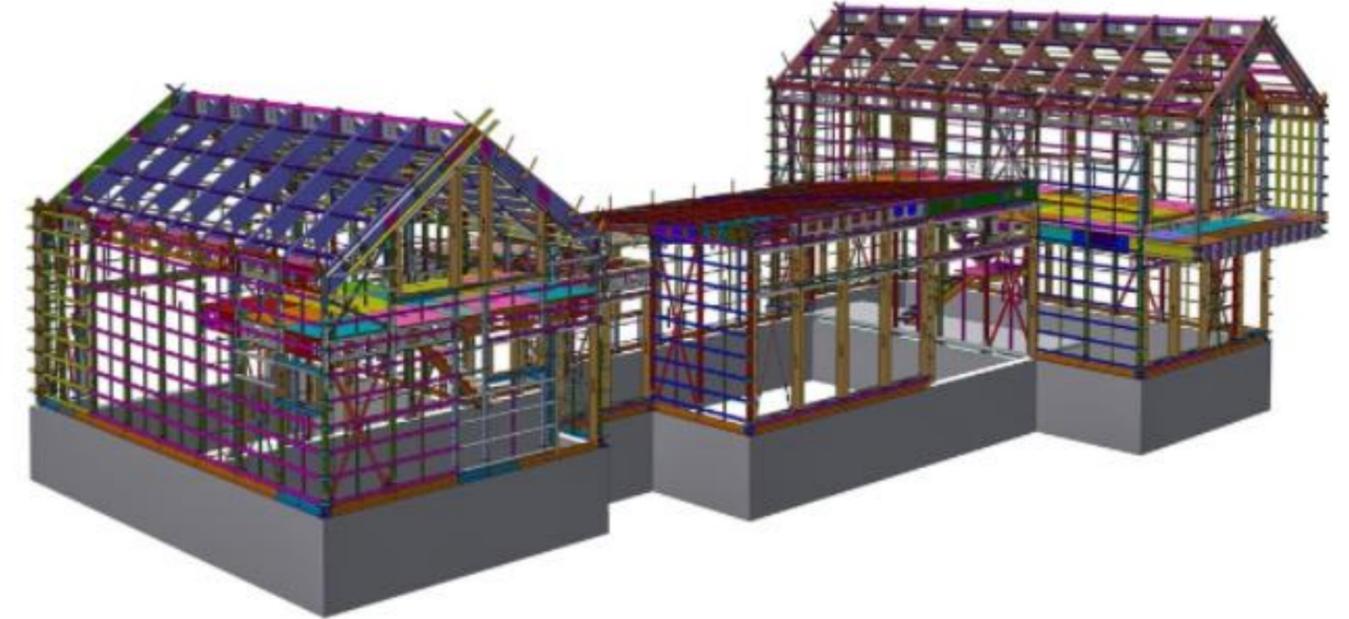


24

<https://quebecwoodexport.com/en/bim-offsite-wood-construction-at-your-fingertips-with-qweb/>

Les processus

BONE Structure

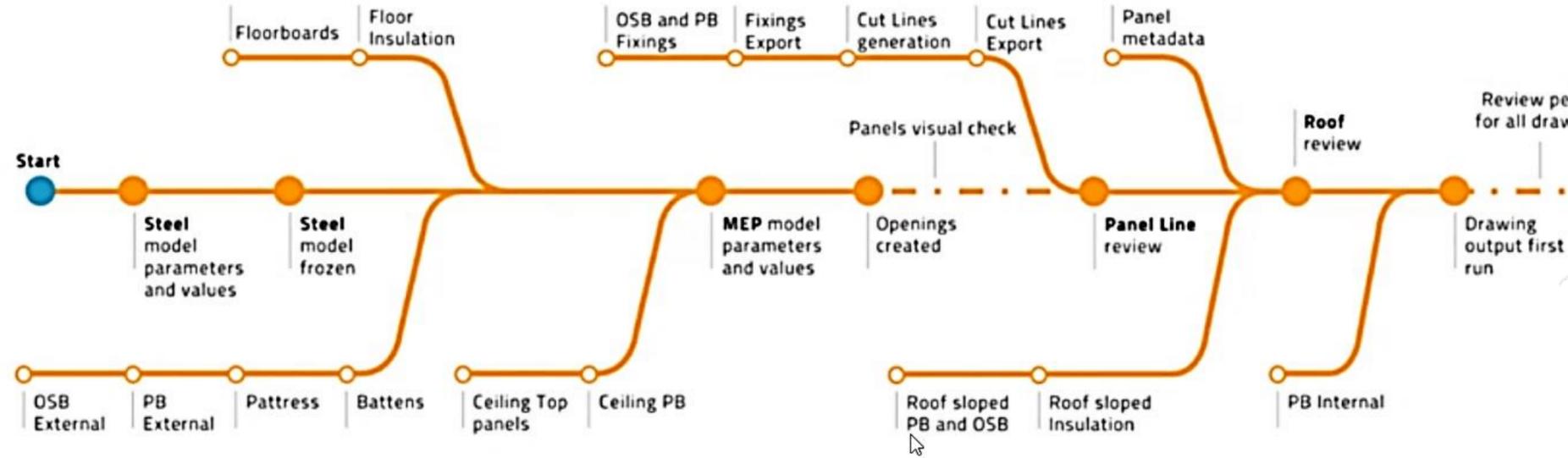


25

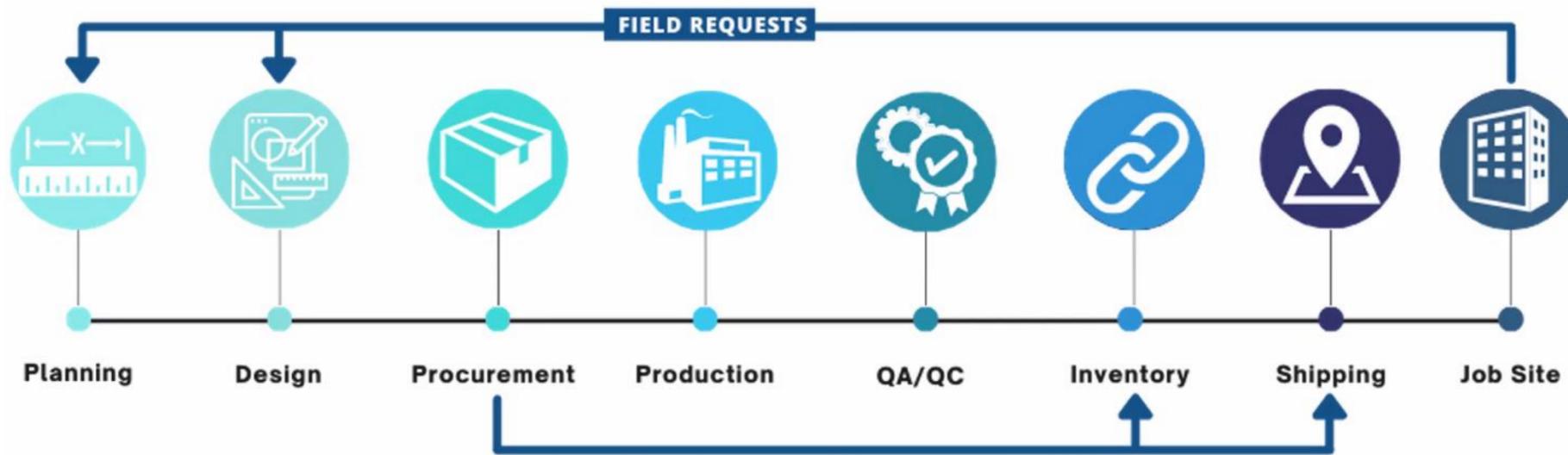
Any potential interference concerns between components are identified and corrected in the 3D software.

A full set of assembly plans is also created from this model: a detailed, step-by-step instructions manual for the Building Partner.

Focus sur le processus et la logistique



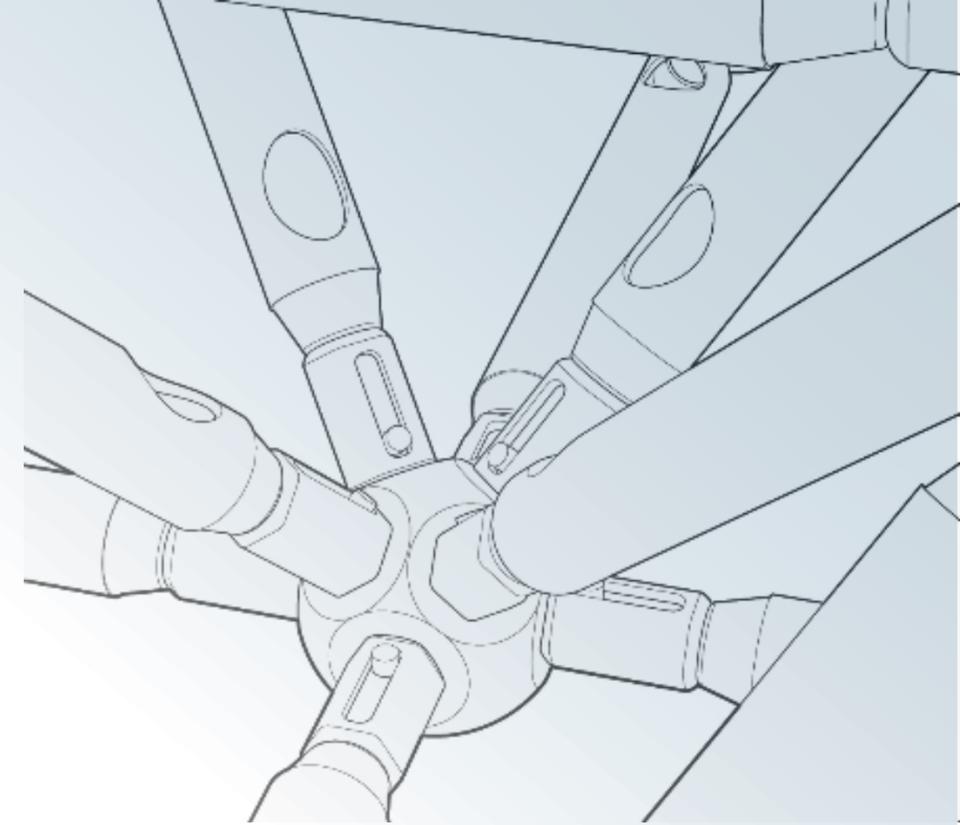
Kope.oi



Manufacton



CadMakers - cmexe.io



En guise de conclusion:

Comment intégrer/connecter ces flux de données?

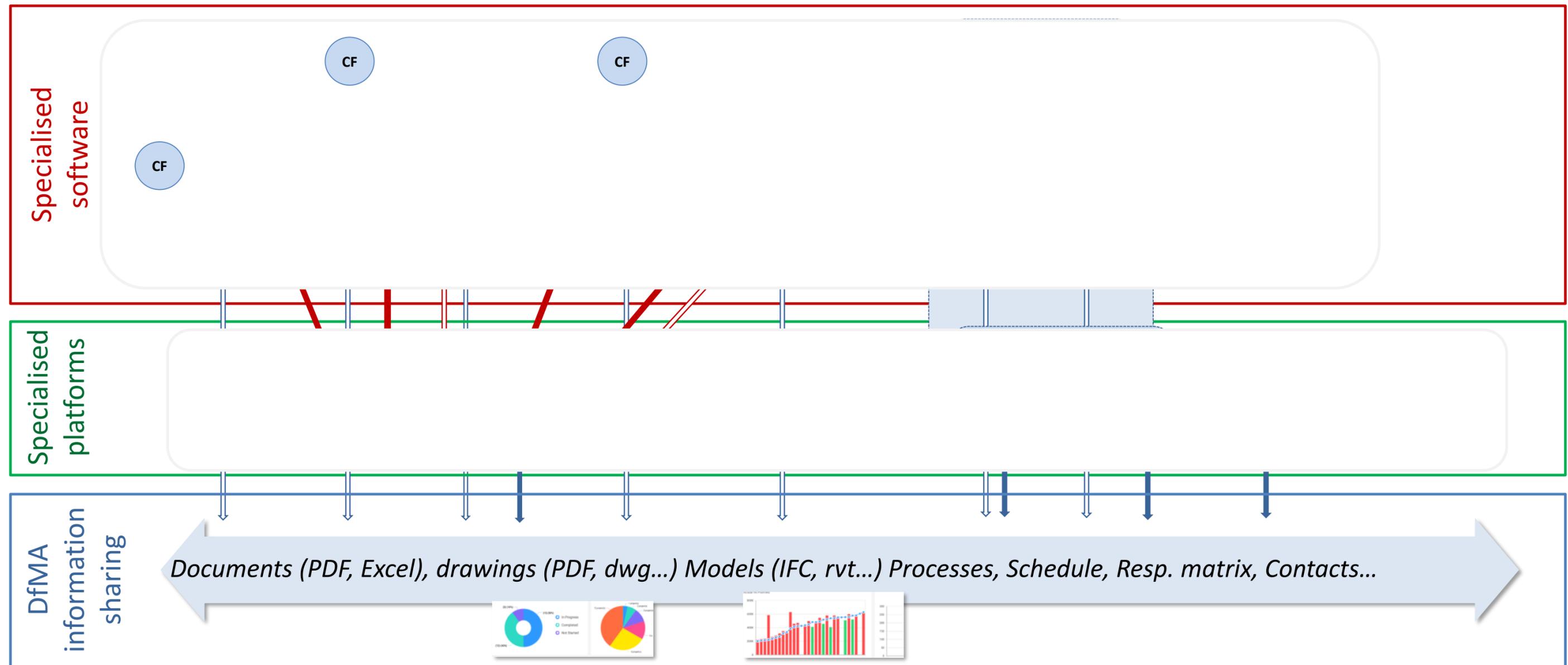
Project Information Modeling (PIM)

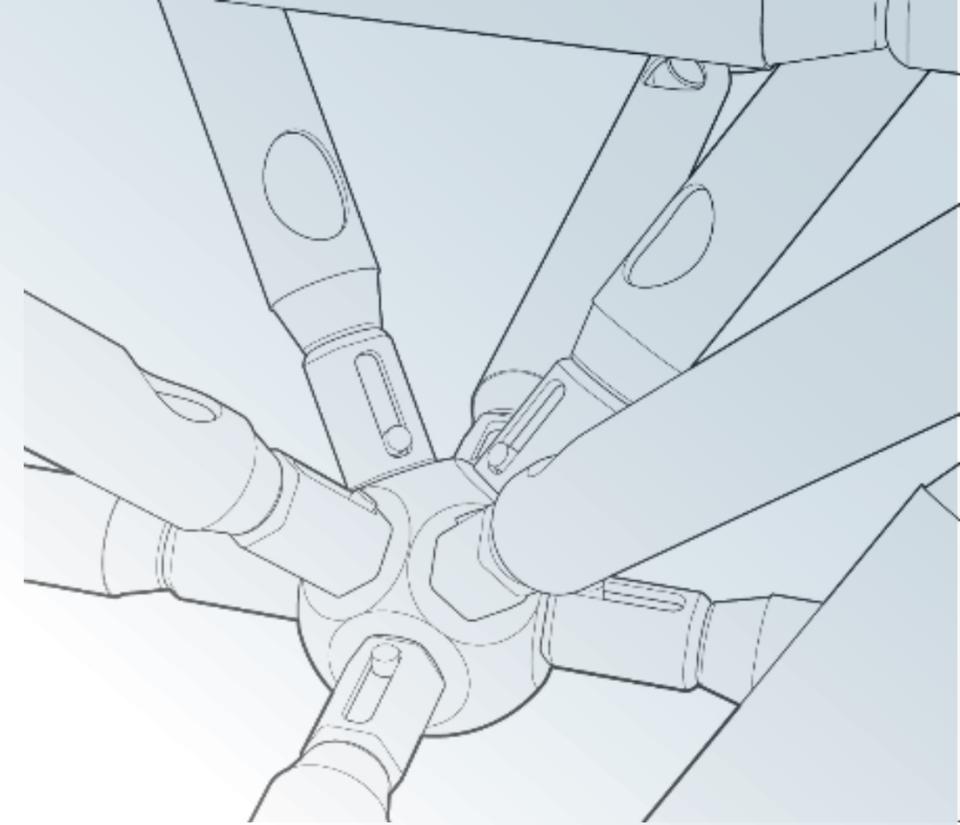
Project Information Requirements (ISO 19650)

Common Data Environment

DfMA...

Composantes et liens dans un environnement numérique du projet





4. Solutions innovantes et recherche

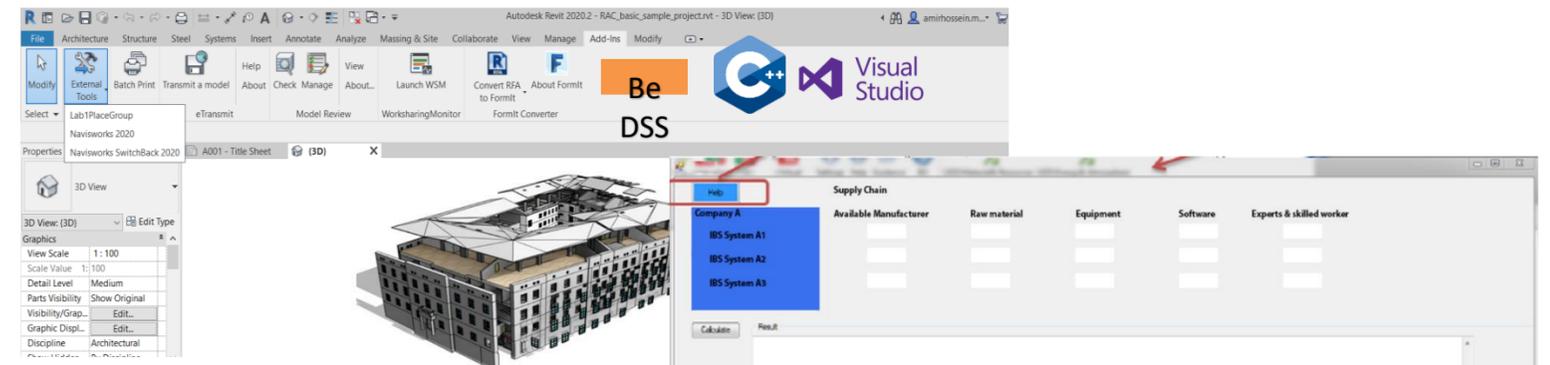
TWO-STAGE BIM-ENABLED DSS (BeDSS) FOR SELECTION OF A SUITABLE IBS

Stage 1 : OSCM or Traditional?



Decision Making Factors (DMFs)

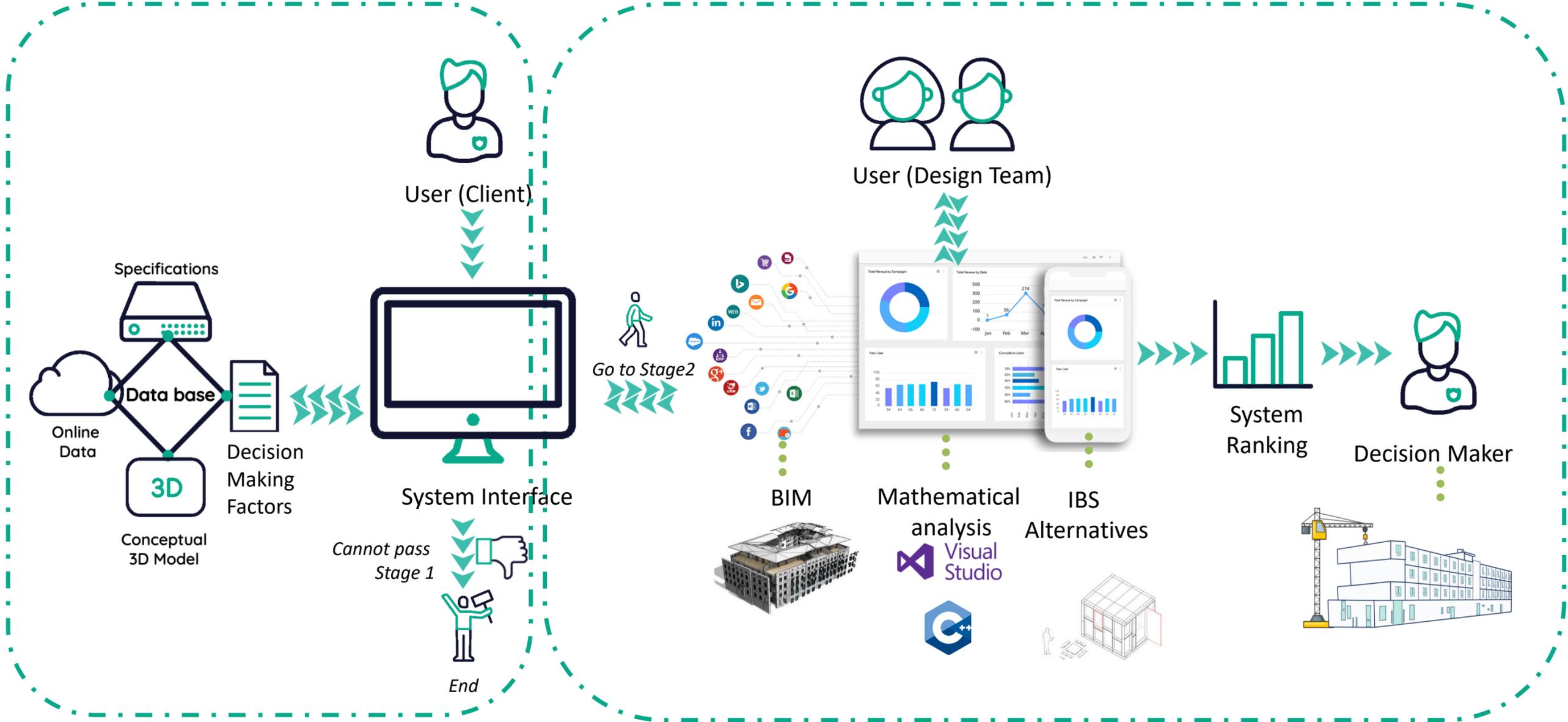
Stage 2: Suitable IBS (Ind. Building System)



Source: A. Mehdipoor (candidat au Ph.D.)



Overview of BeDSS



Architecture répétitive et monotone ?

- Personnalisation (de masse)
- Flexibilité
- Adaptabilité

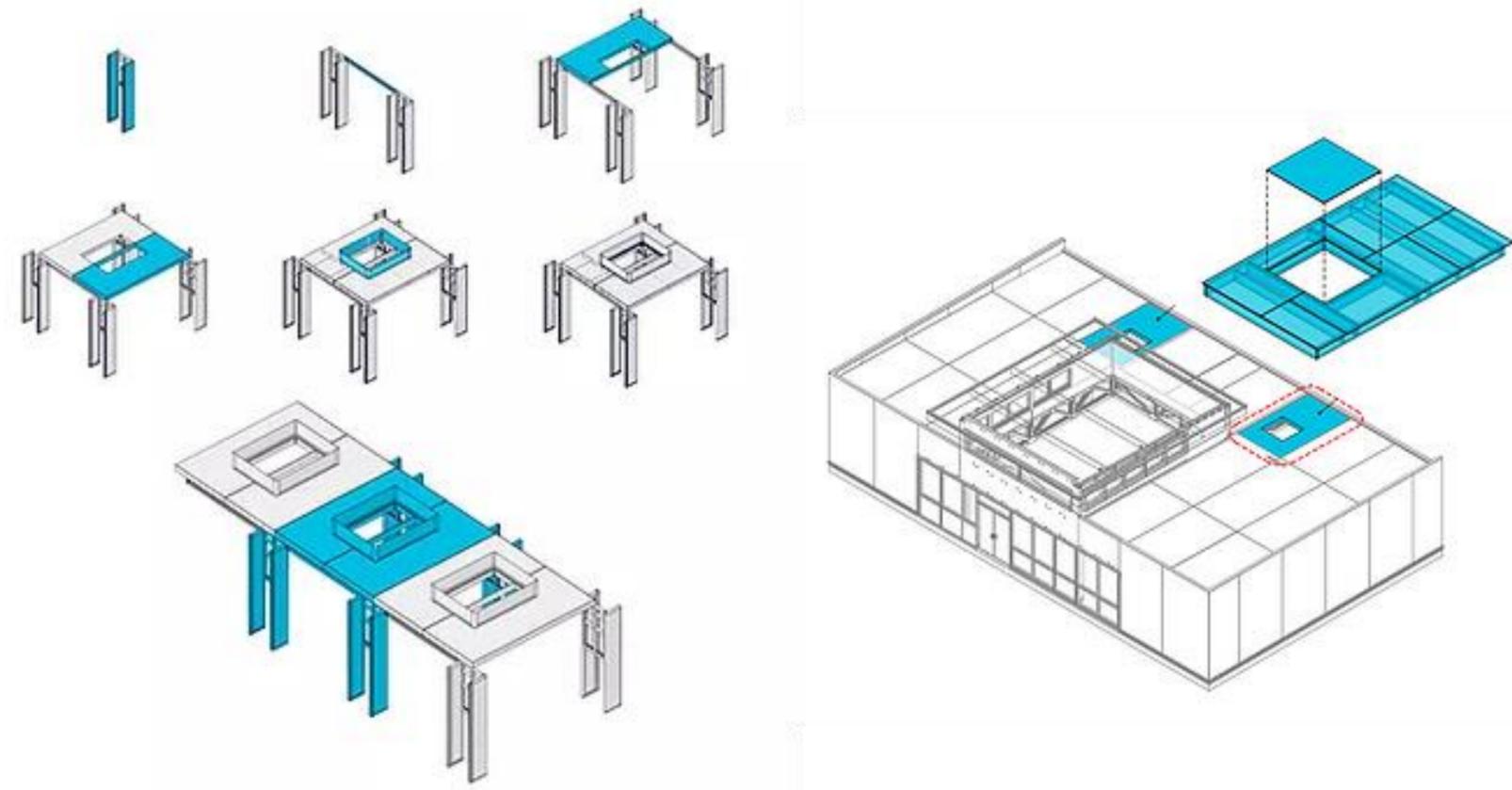
- **NUMÉRISATION et ROBOTISATION**



Systemes ouvertes, plateformes, kits of parts

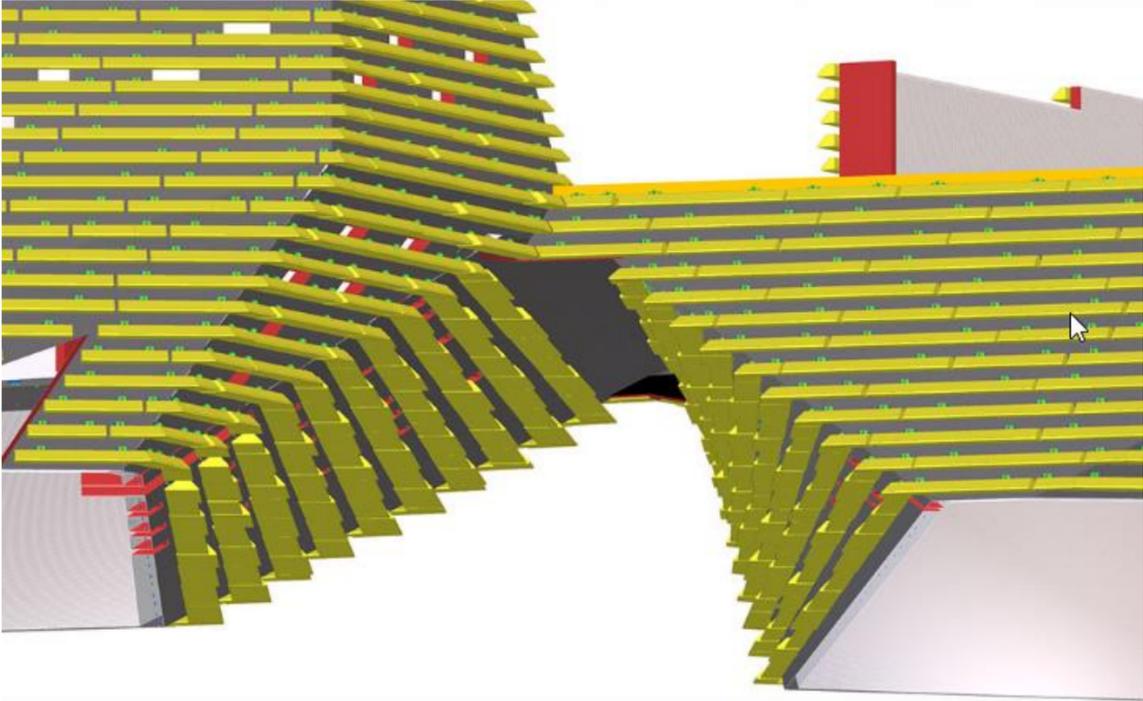


OpenBuilding.co



<https://www.projectfrog.com/kit-of-parts>

Créativité et intégration; DfMA



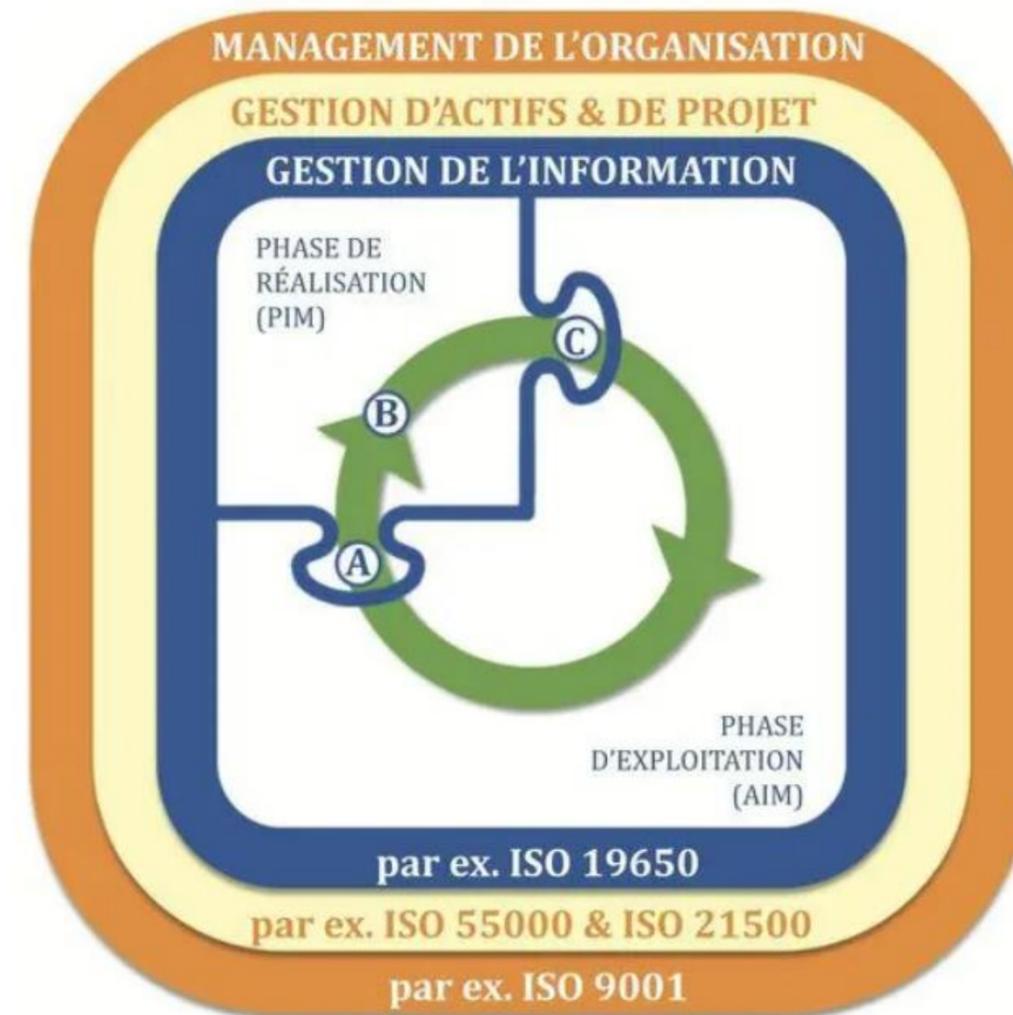
<https://precast.org>



<https://www.archdaily.com/991029/mast-designs-a-sustainable-modular-system-for-building-floating-architecture>

Intégrer les flux d'information sur un bien immobilier

- ISO 19650
- Information pour le tout le cycle de vie d'un bien immobilier;
- Inclusivement opérations et maintenance;
- Ainsi que potentiel d'adaptabilité, démontage et réutilisation.



Légende

- A début de la phase de réalisation — Transfert de l'information pertinente de l'AIM au PIM
- B développement progressif du modèle de conception prévu dans le modèle de construction virtuelle (Note 1 à l'article)
- C fin de la phase de réalisation — Transfert de l'information pertinente au PIM à l'AIM

5. **Un des défis** - C'est seulement pour les grandes entreprises

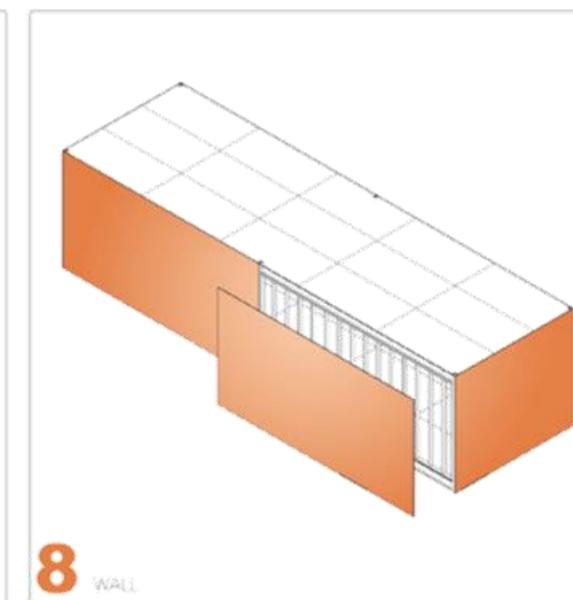
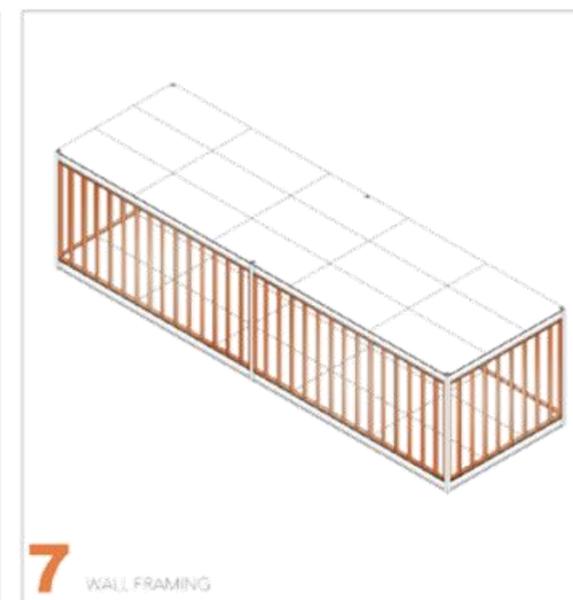
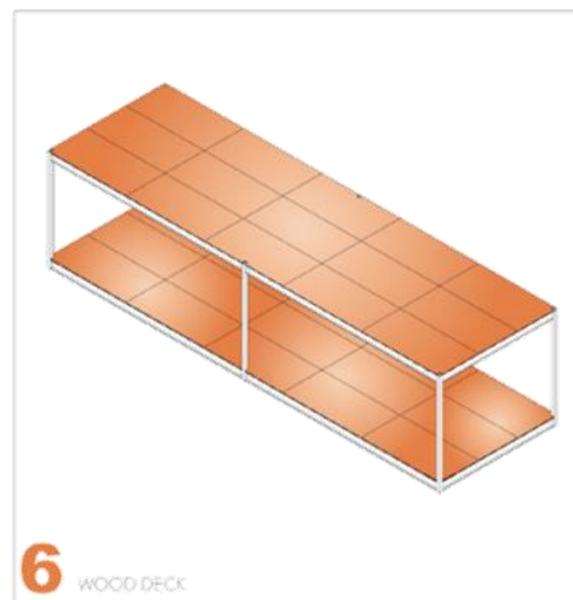
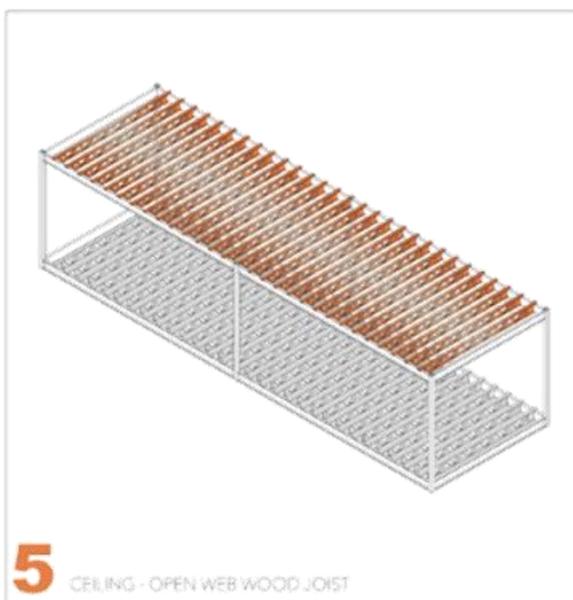
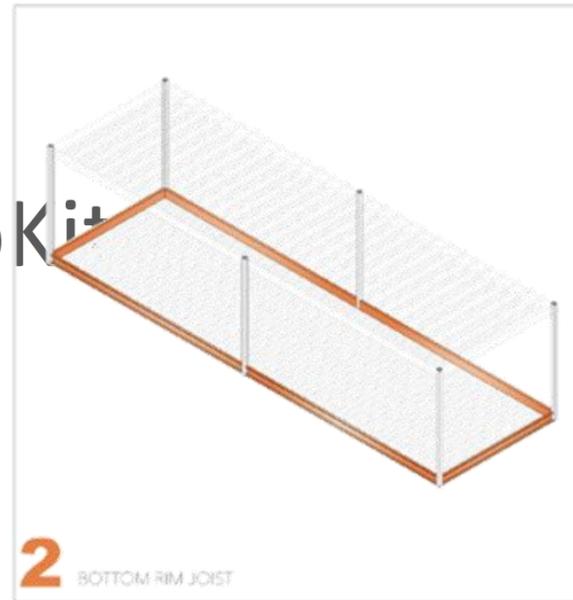
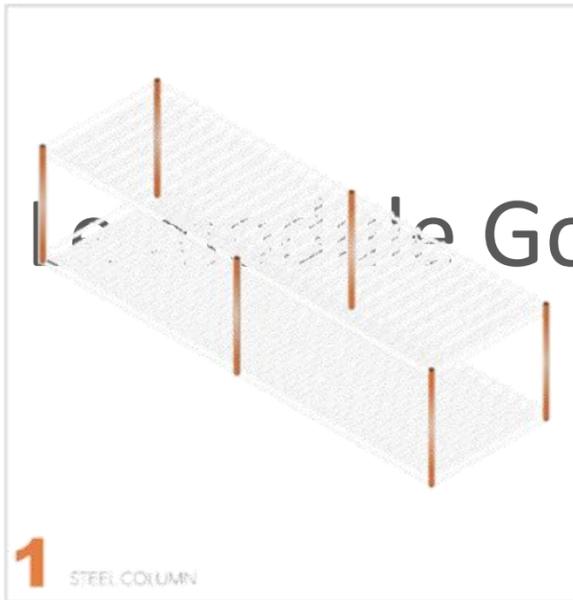
- Travailler en réseau
- Établir des collaborations
- Créer un écosystème de préfabrication

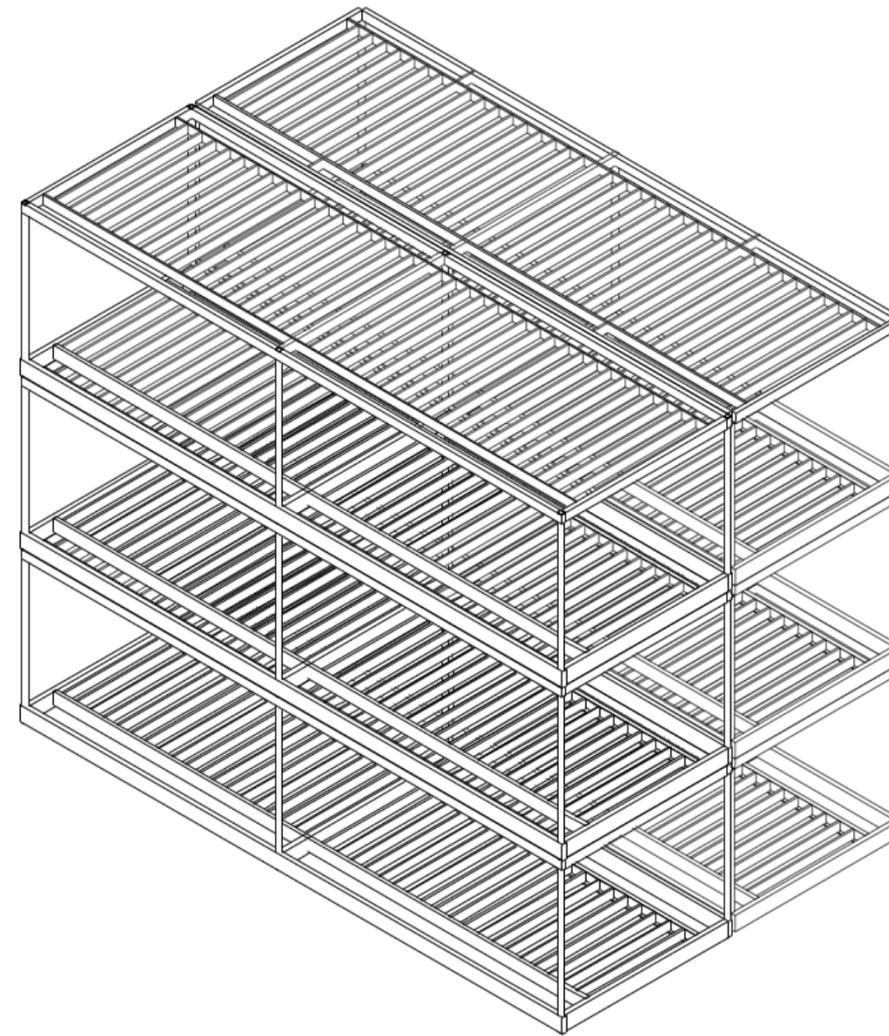
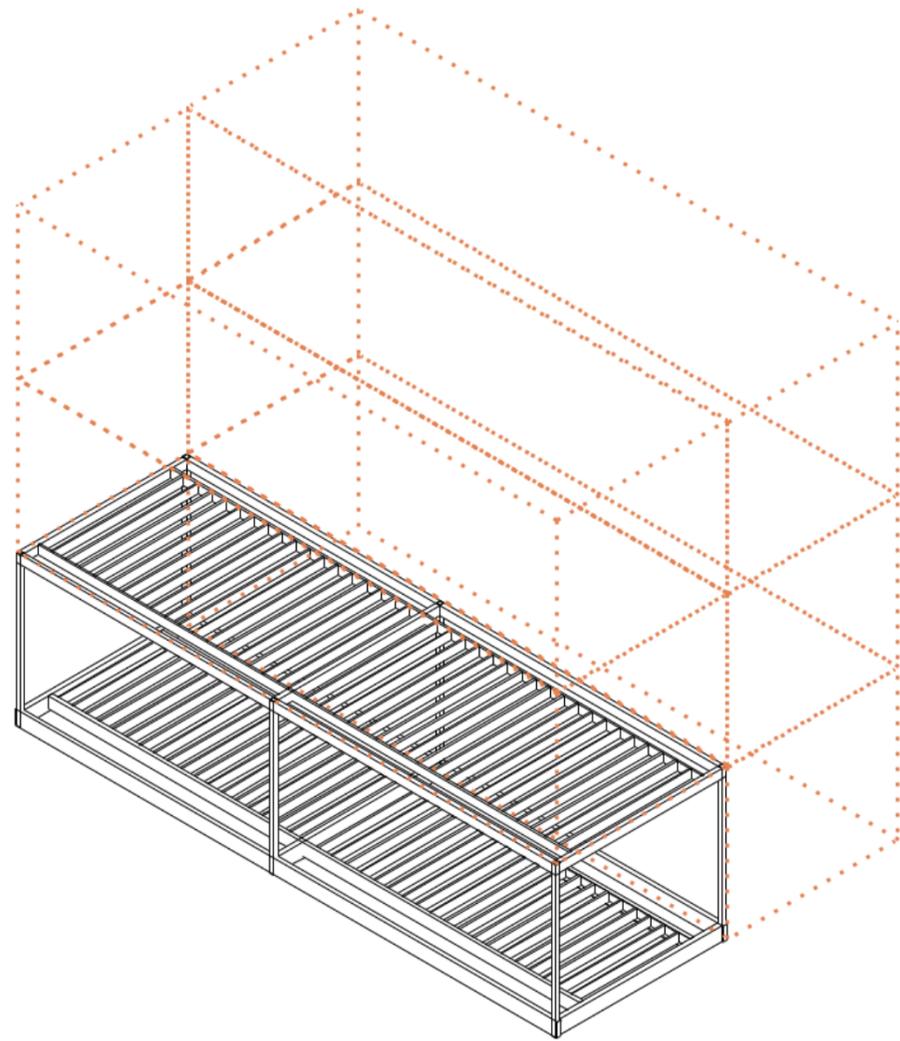
L'exemple de GoKit

- **Plateforme numérique et son écosystème pour la production volumétrique à haut volume en mode multi-manufacturiers**
 - **Conception collaborative de la plateforme suivant les stratégies de DfMA**
 - **Plateforme numérique de DfMA**
-
- **PROJET DE RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT**



Le module Gokit





AVEC CONNECTEURS DU CIRCERB, UNIVERSITÉ LAVAL



En guise d'épilogue:

l'effet du numérique sur l'environnement?

Un seul email représente 4g de CO₂e émis. Un email avec pièce jointe compte pour 50g de CO₂e¹. Dans un cadre plus large, les TIC représentent 8 à 10 % de la consommation d'électricité européenne et jusqu'à 4 % de ses émissions de carbone (ICTfootprint.eu)

Le secteur de la construction a un fort impact sur l'environnement. Il est responsable de 40 % de production de déchets solides, de 40 % de consommation d'énergie, de 12 % d'épuisement de l'eau et de 38 % d'émissions de GES (UNEP)

Bien que les technologies de l'information contribuent à environ 2 % des GES mondiaux, elles ont le potentiel de fournir des solutions aux 98 % d'émissions de GES restantes en utilisant des applications des technologies de l'information telles que les systèmes d'information verts. (Imasiku 2018; Vella 2018)



GRIDD GROUPE DE RECHERCHE
EN INTÉGRATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE
EN ENVIRONNEMENT BÂTI

Questions?

ivanka.iordanova@etsmtl.ca

Groupe de recherche en intégration et développement durable (GRIDD)

Axe 1 :

Création de valeur pour le client

Optimisation de la gestion des actifs immobiliers et de la performance énergétique
Daniel Forgues

Axe 3 :

Rationalisation des chaînes d'approvisionnement et de valeur

Environnement informationnel intégré (EII) dans la gestion du cycle de vie des actifs bâtis
Érik Poirier

BIM – BEM

Building Energy Modeling
Danielle Monfet

Axe 2 :

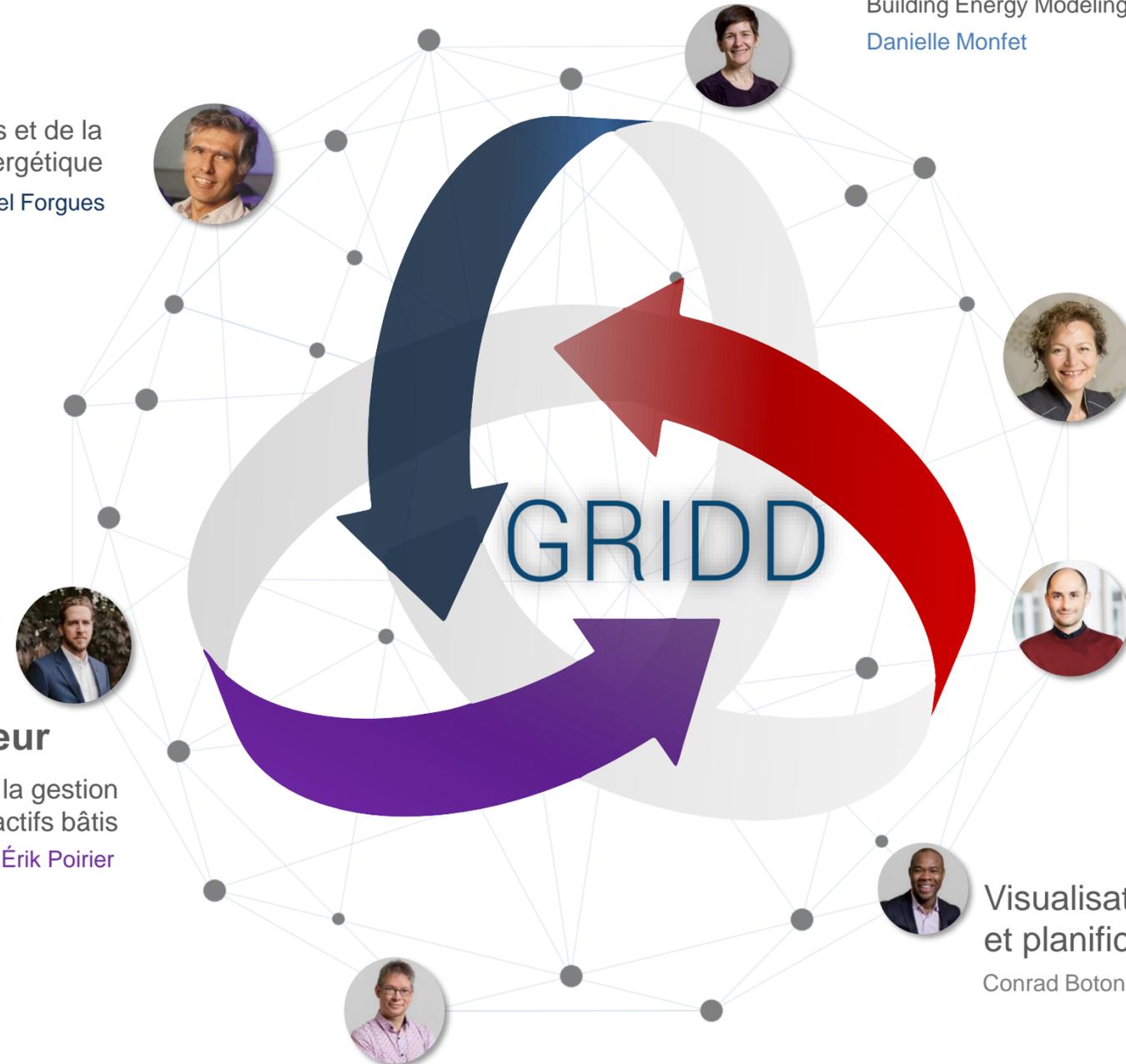
Amélioration de la performance et de la qualité

Automatisation de la production virtuelle et sur chantier
Ivanka Iordanova

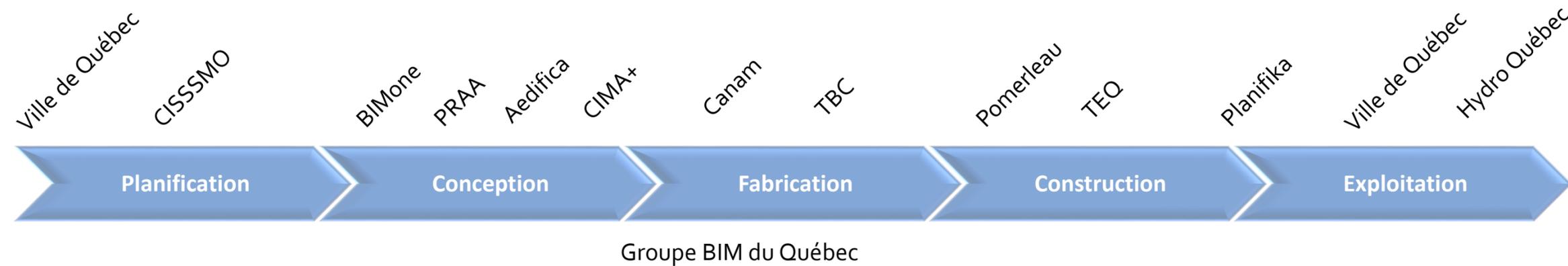
Objets connectés (IoT)
Intelligence artificielle
Ali Motamedi

Visualisation, coordination et planification
Conrad Boton

Product lifecycle management
Louis Rivest



Chaire de recherche industrielle sur l'intégration des technologies numériques en construction



Formation d' 'agents du changement'

PROGRAMME COURT DE 2^E CYCLE EN
MODÉLISATION DES DONNÉES DU
BÂTIMENT (BIM)

DESS EN BIM ET INNOVATIONS NUMÉRIQUES

Cours sur la Prefab + Dfab (Fabrication numérique)
Atelier d'été sur la prefab en bois (?)

