

---

# Influences réciproques entre les innovations en construction et les pratiques de gestion

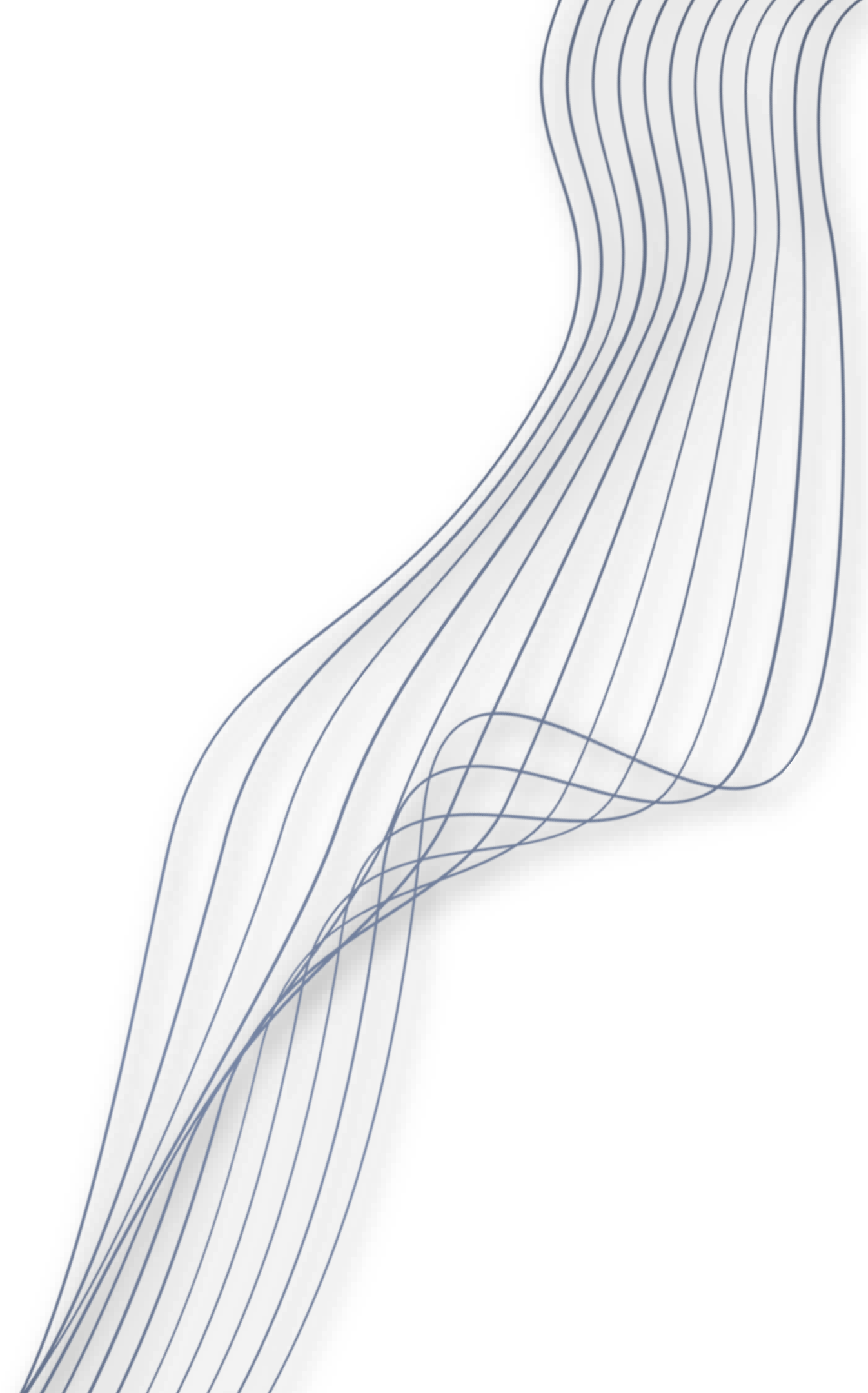
---

*la transformation du travail*



# Les points principaux

- Le contexte
- Qu'est-ce que l'innovation?  
L'innovation en construction - ici et maintenant
- Les synergies  
PCI-BIM-Lean-Prefab-DfMA-IPD
- Conditions favorables - ce que la recherche dit:  
Témoignages et études de cas sur l'innovation
- Le cadre légal et la collaboration, l'innovation,  
l'apprentissage
- Qu'est-ce que ça prendrait  
pour réussir la transformation?



## 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

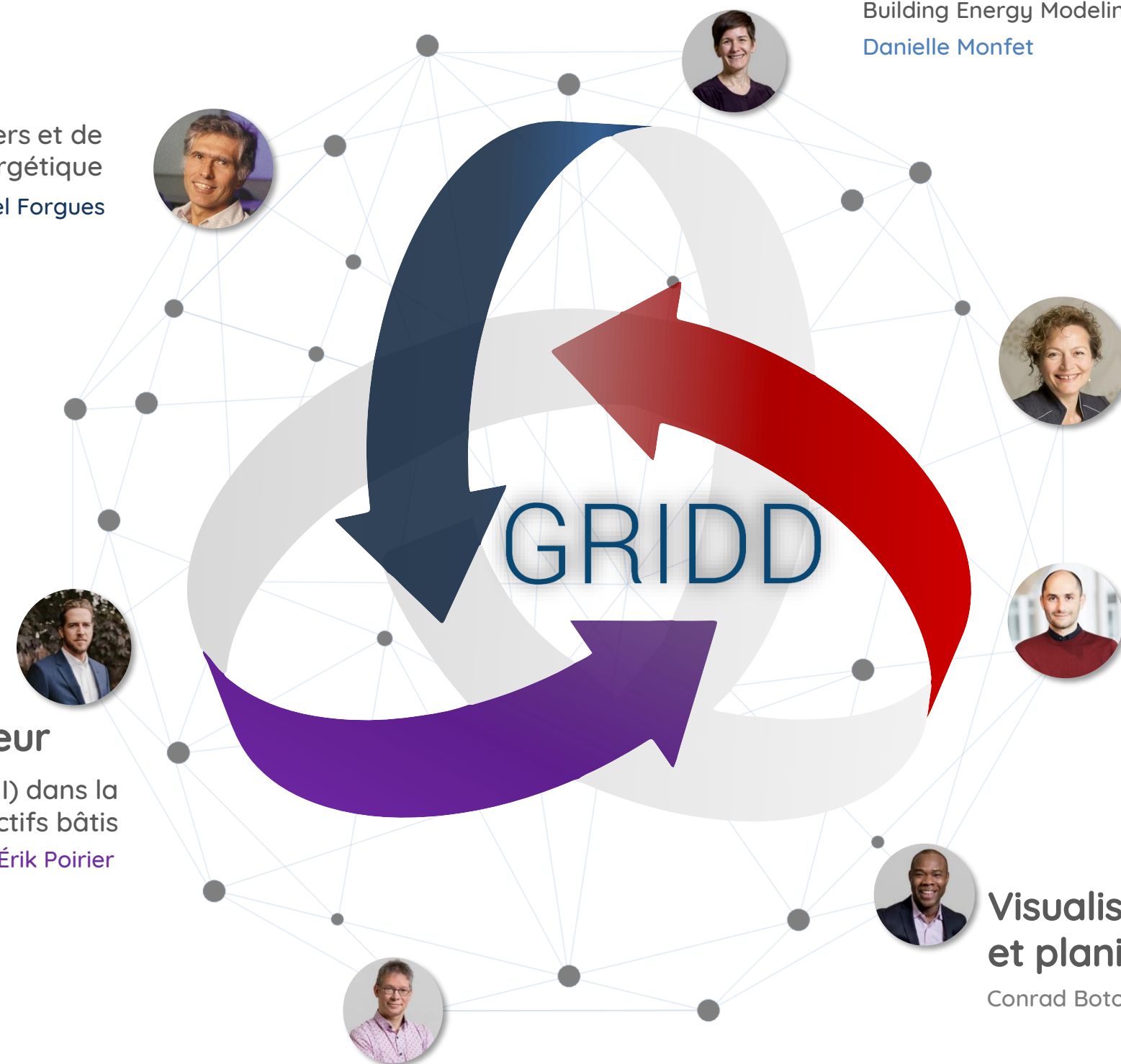
Ali Motamedi

### Visualisation, coordination et planification

Conrad Boton

### Product lifecycle management

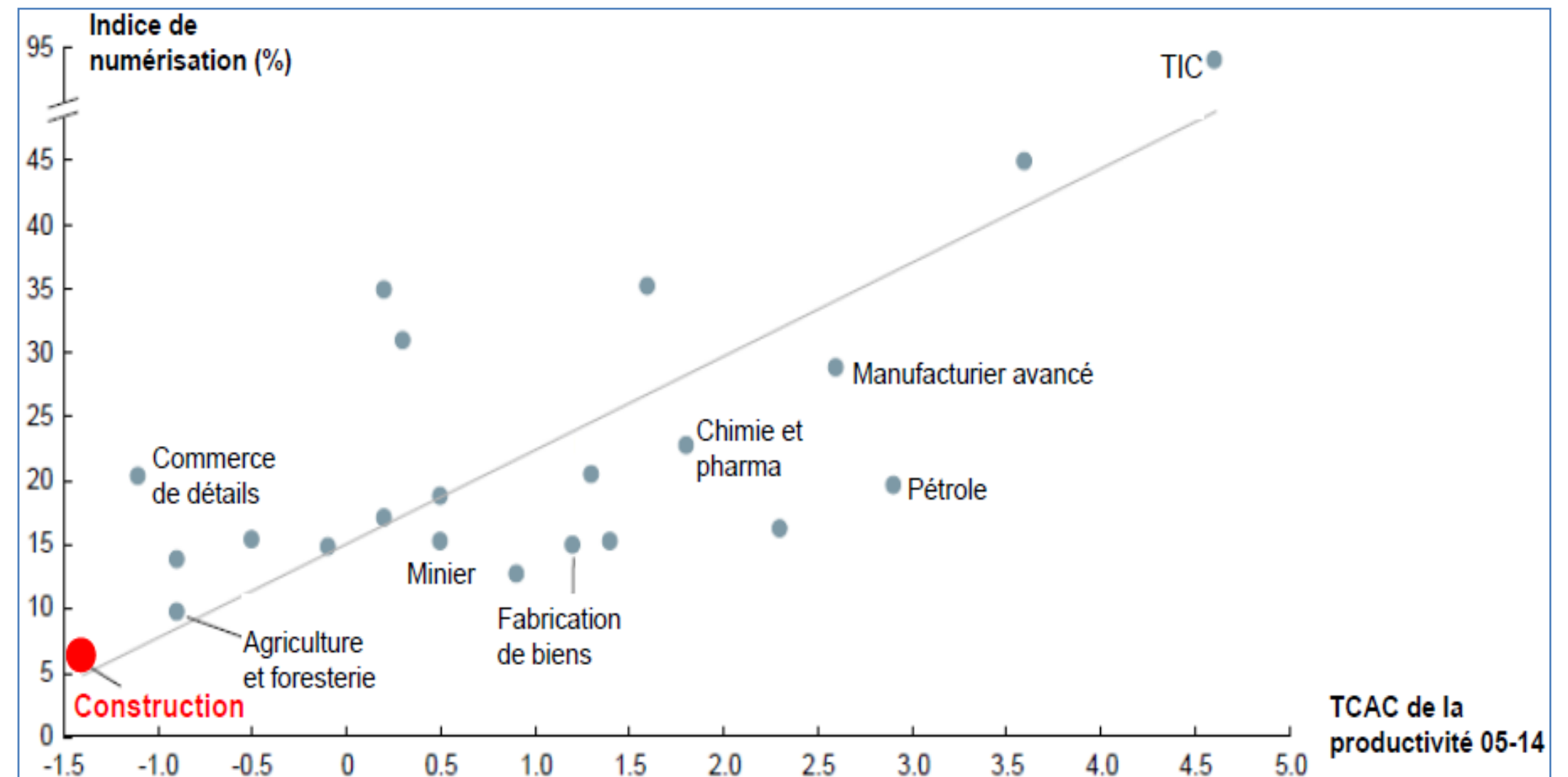
Louis Rivest



# Enjeu de productivité et d'innovation

À l'échelle mondiale

Numérisation et productivité



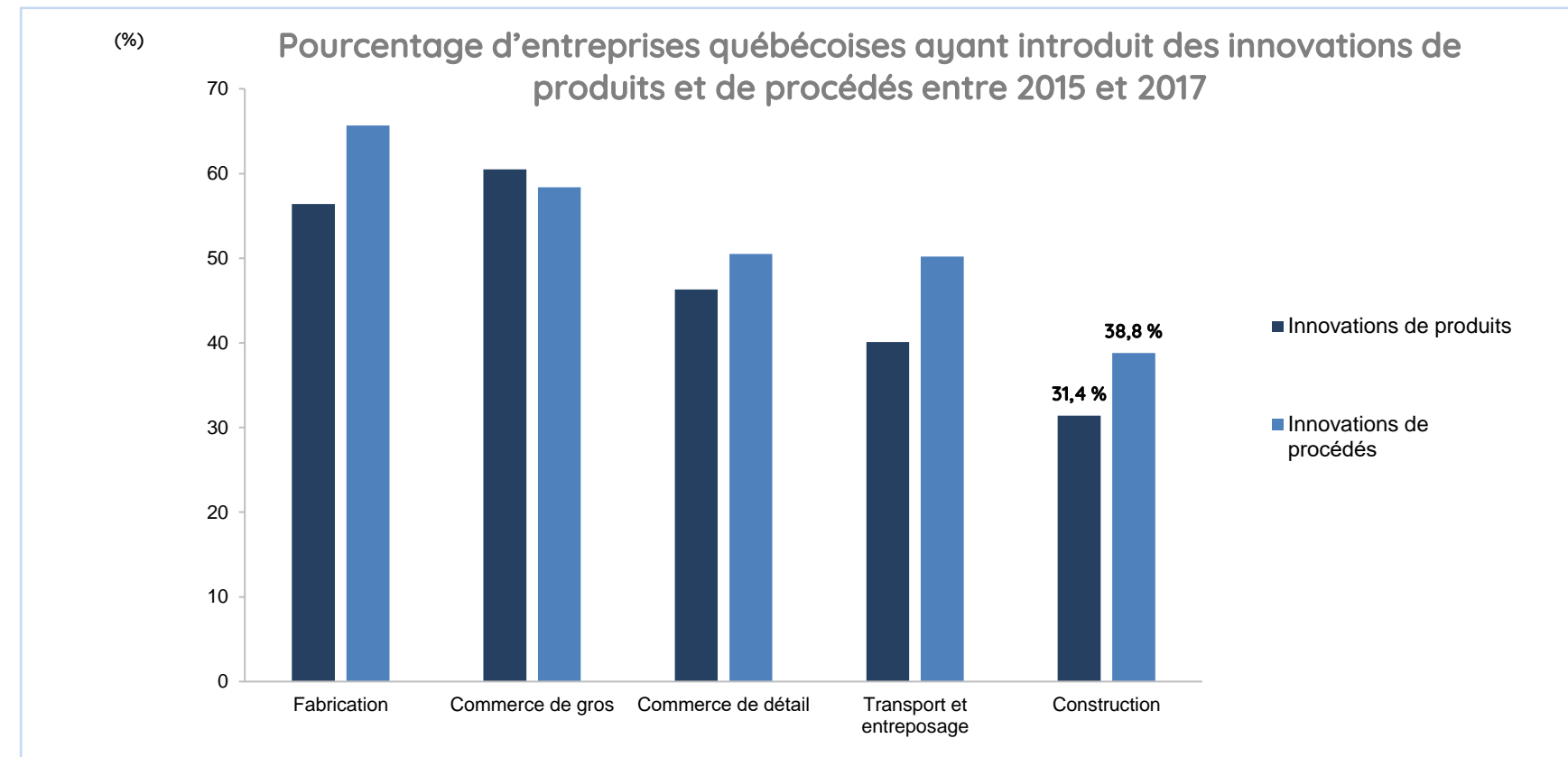
McKinsey&Company, « Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity », 2017

# Enjeu de productivité et d'innovation

## Au Québec

**45,5 \$** de productivité horaire du secteur de la construction comparativement à 57,0 \$ pour le secteur manufacturier<sup>1</sup>

**31 %** de taux d'adoption moyen du BIM en 2015 pour l'ensemble de l'industrie québécoise de la construction avec des écarts importants selon le type d'entreprises<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Statistique Canada, tableau 34-10-0480-01

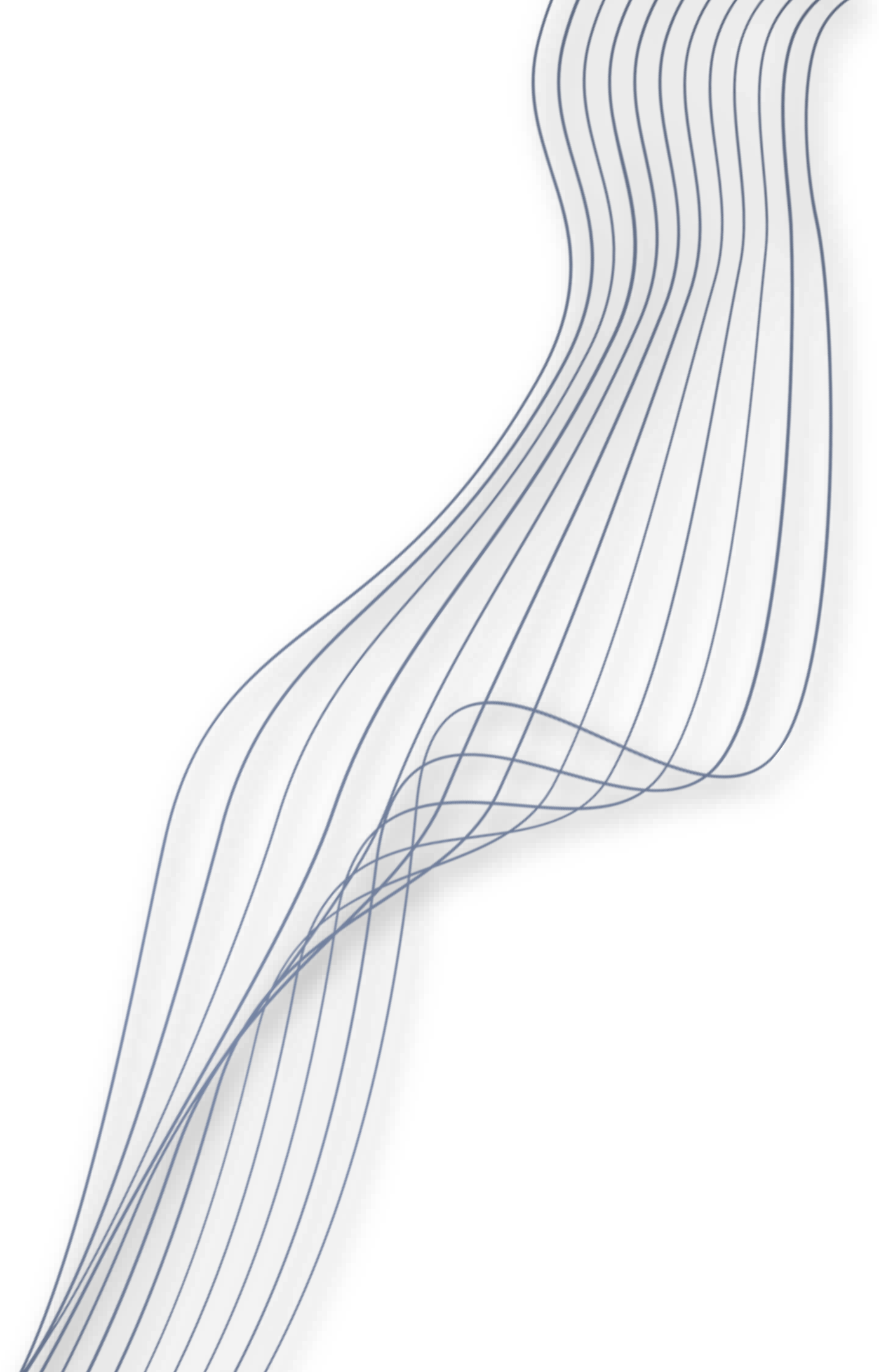
<sup>2</sup> Forgues, D., Tahrani, S. et Poirier, E. A., Sondage 2015 - Adoption du BIM et des approches intégrées au Québec.

# Qu'est-ce que l'innovation? L'innovation dans l'industrie de l'AECO

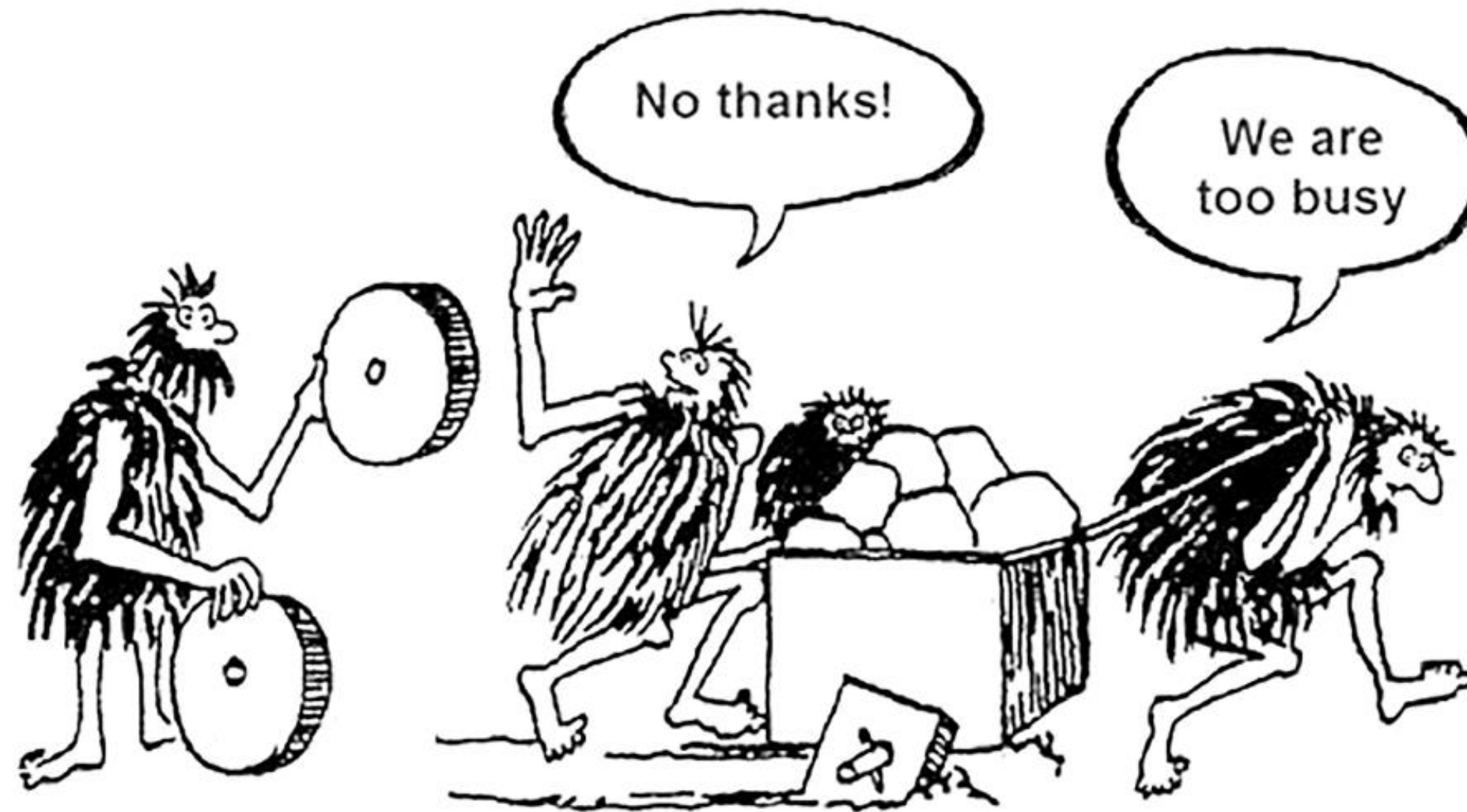
EN VOGUE

SYNERGIES

IMPACT SUR LA GESTION DU PROJET



# Qu'est-ce que l'innovation?

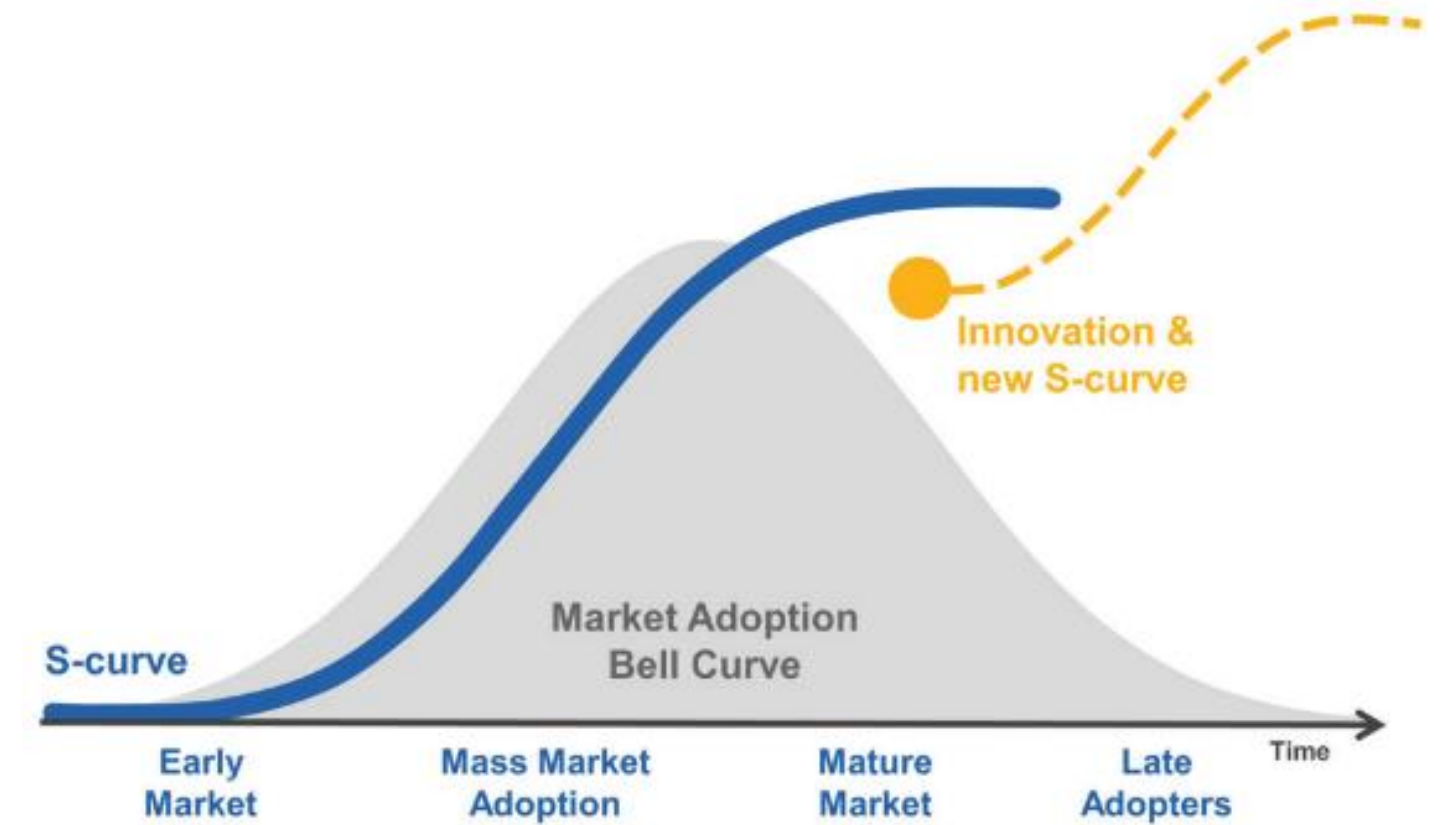


# La courbe de l'innovation (S-Curve)

(réf. Foster, 1986)



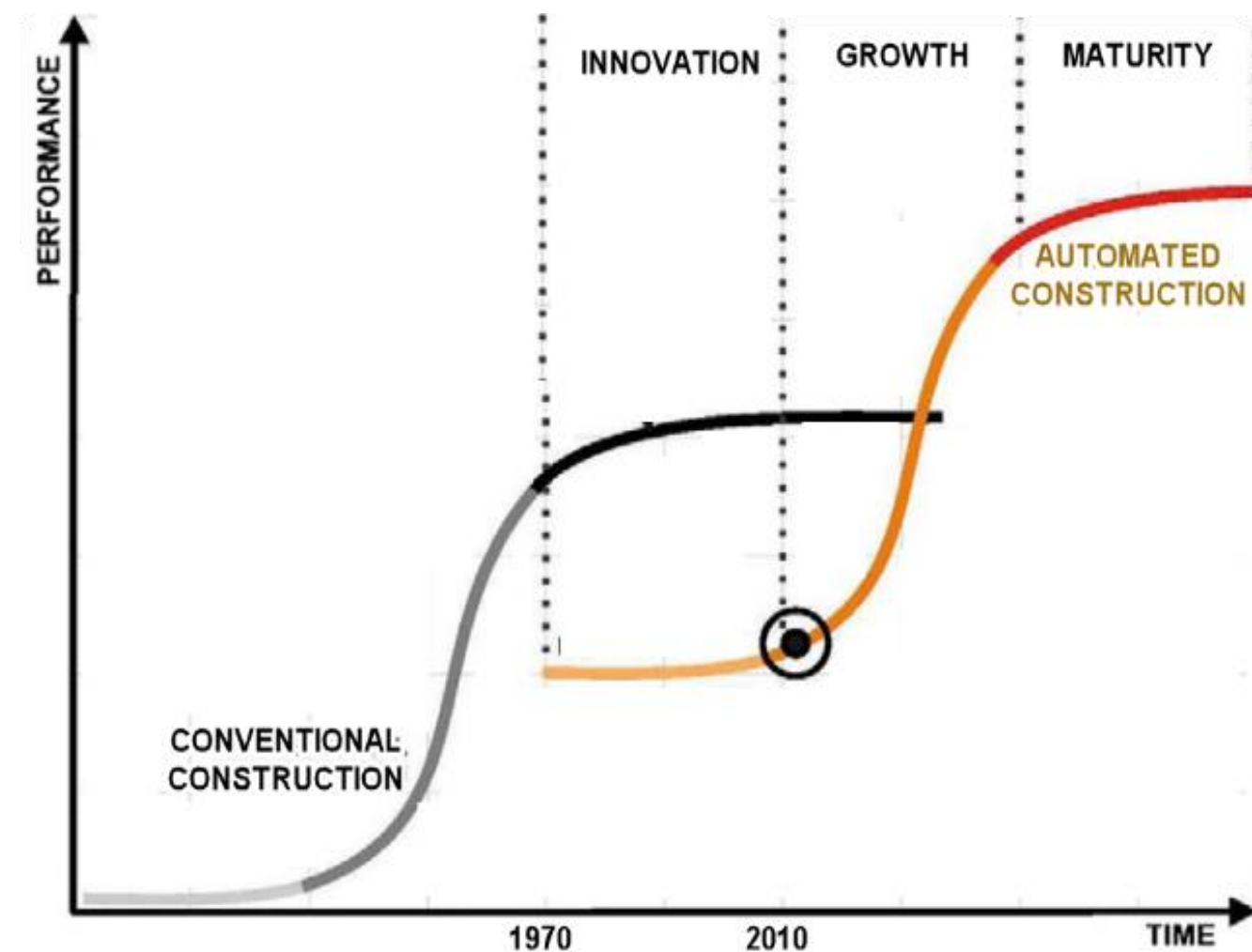
R. Garcia, R. Calantone / *The Journal of Product Innovation Management* 19 (2002) 110–132



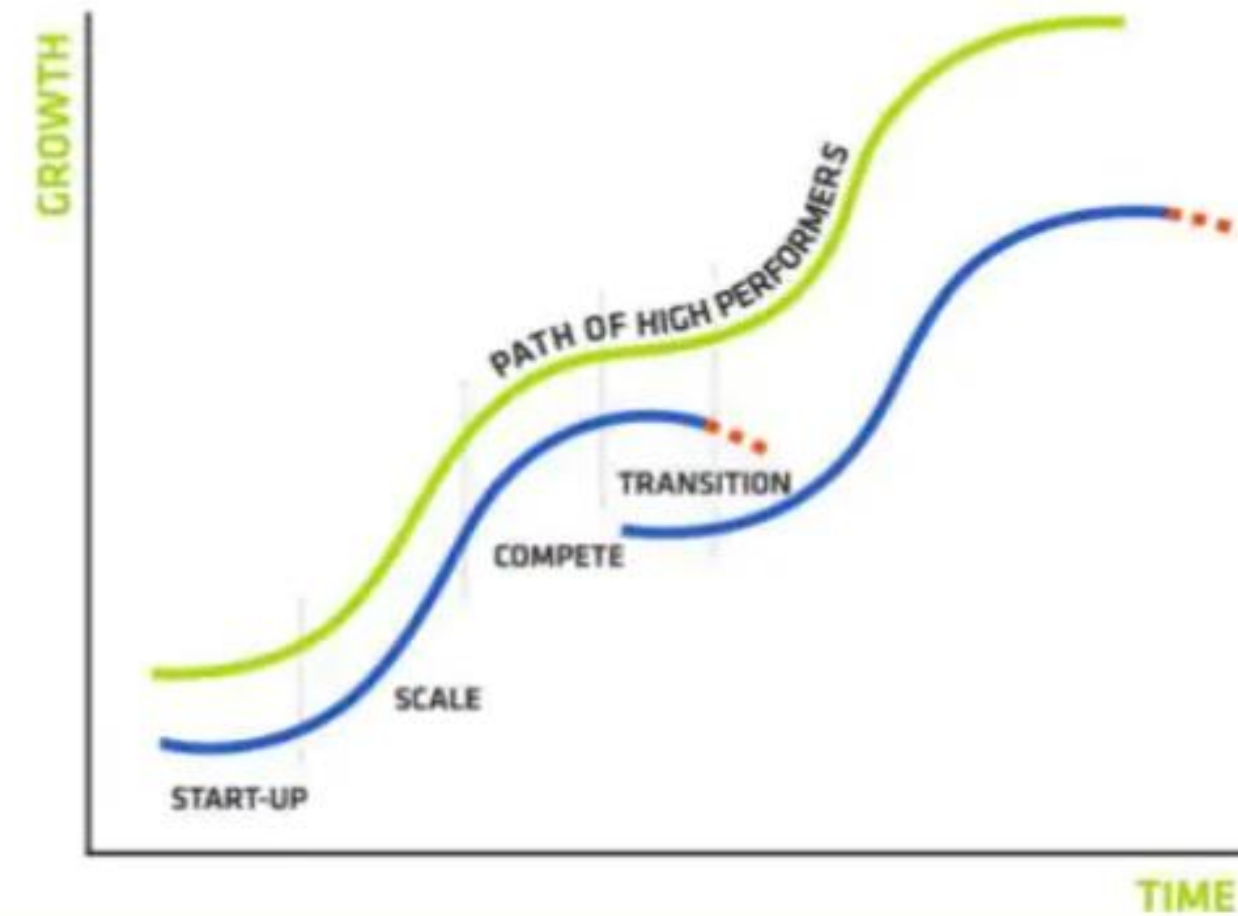
Soren Kaplan  
Managing Principal, InnovationPoint LLC



# La courbe de l'innovation dans la construction



T. Bock (2015)



2013 LIFT Conference: Driving Innovation-Based Growth



La courbe double des compagnies performantes



# Innovations systémiques : BIM, OSC, Lean... IPD

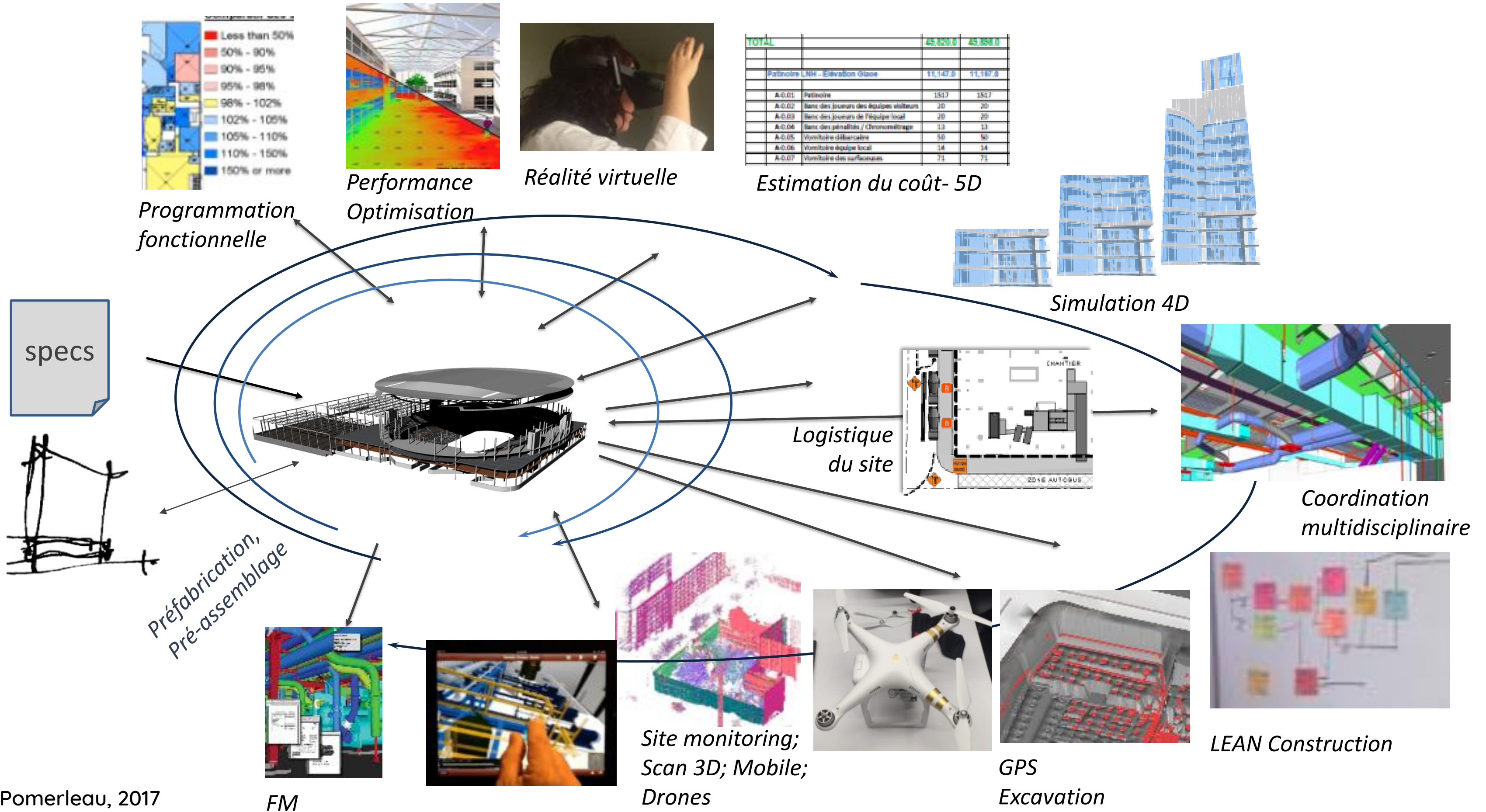
- Ces innovations **transcendent les frontières traditionnelles de la discipline et de la chaîne d'approvisionnement** et nécessitent des changements dans l'intégration du système du projet. Le BIM est une innovation systémique.

Un contexte d'IPD (*Integrated Project Delivery*) offre des **incitatifs pour l'innovation systémique**:

*- Now, if everyone is smart and can bring ideas and we expect those ideas to be on the table for consideration, what do you think we can bring this building in at?...Can we take off 5%? Is it reasonable to think that we can innovate 5% out?*

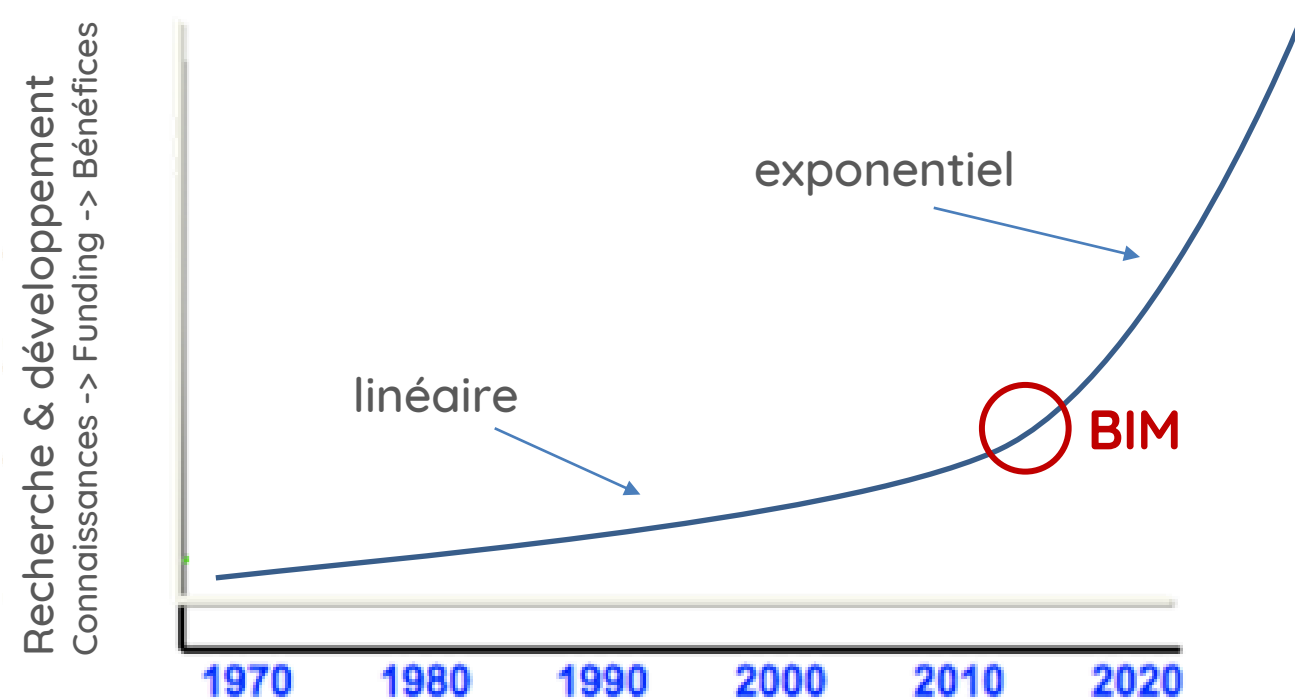
Sources: (Taylor & Levitt, 2004); Hall et al. (2018) Identifying the Role of Supply Chain Integration Practices in the Adoption of Systemic Innovations

# Le BIM – *Building Information Modeling*



# Virage numérique de l'industrie de l'AECO (architecture, ingénierie, construction et opération)

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



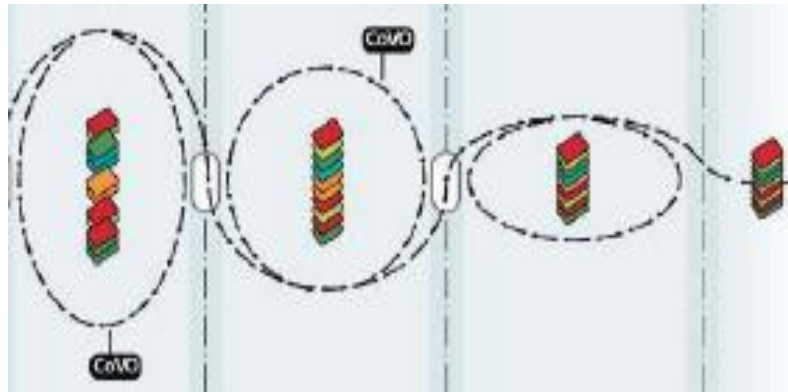
|                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| <b>BIM</b>                            | <b>VDC</b>                 |
| Conception et construction virtuelles |                            |
| Jumeaux numériques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

# Les synergies

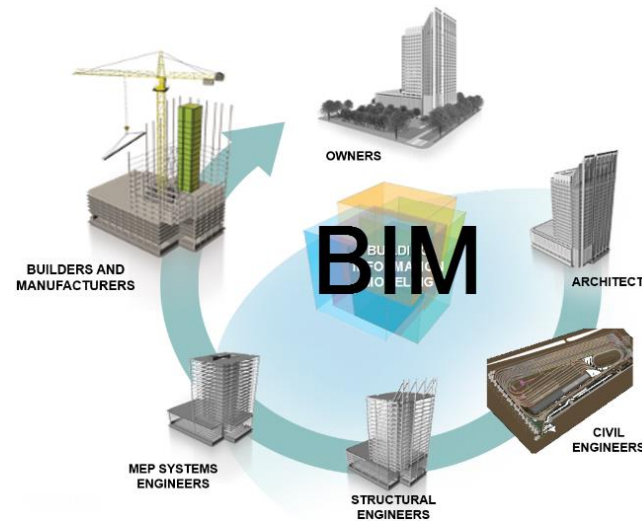
PCI – PROCESSUS DE CONCEPTION INTÉGRÉE  
BIM – BUILDING INFORMATION MODELING  
LEAN CONSTRUCTION  
PRÉFABRICATION, HORS-SITE, DFMA\*  
IPD – INTEGRATED PROJECT DELIVERY

*\*DfMA = Design for Manufacturing & Assembly*

# Synergies



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



**méthodes et outils**  
 intégration des processus et de l'information, collaboration



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

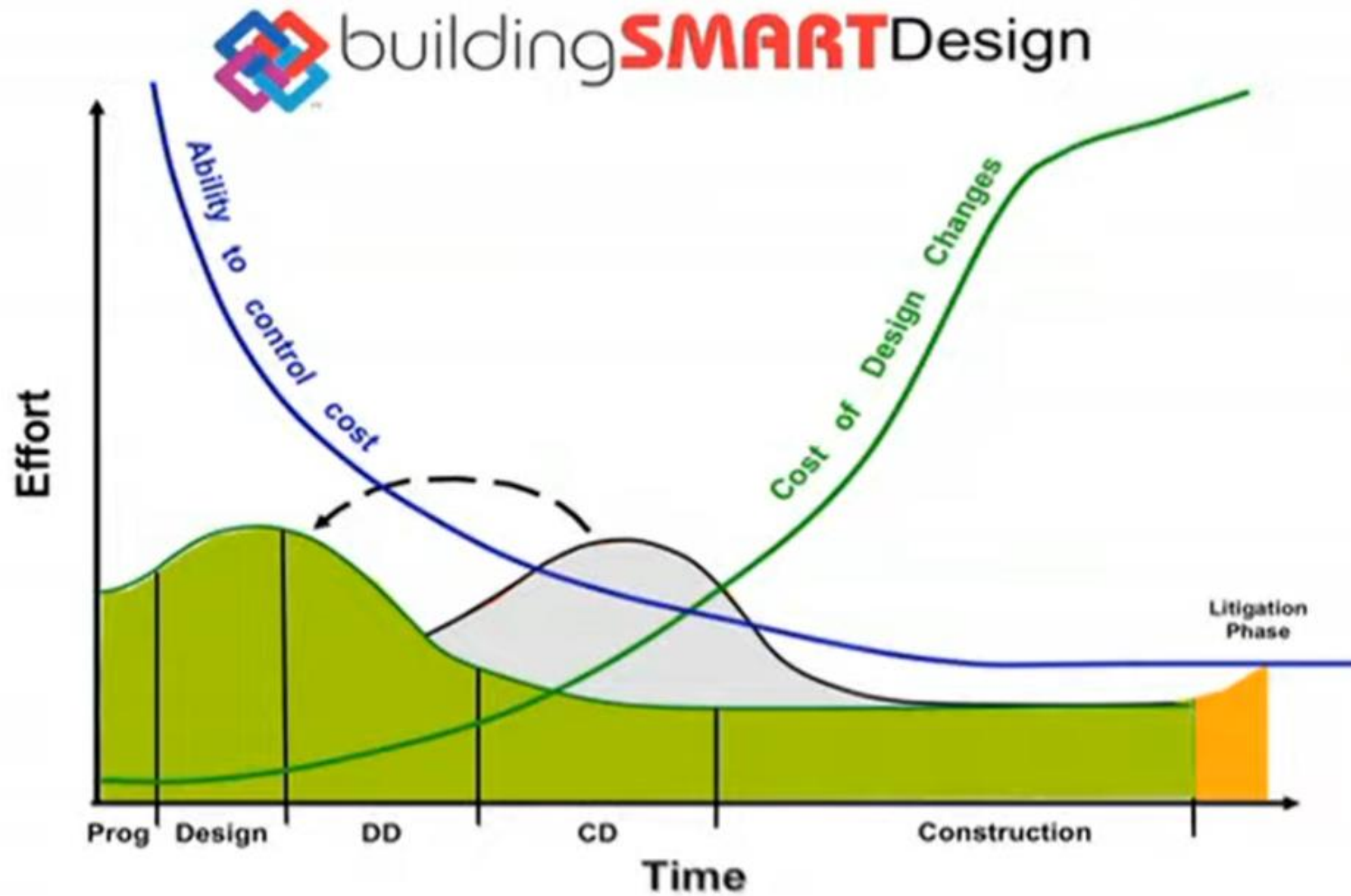


**relations, contrats**  
 risques et bénéfices partagés, responsabilité solidaire



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

# Plus d'effort en amont



This is where Lean Construction comes in!

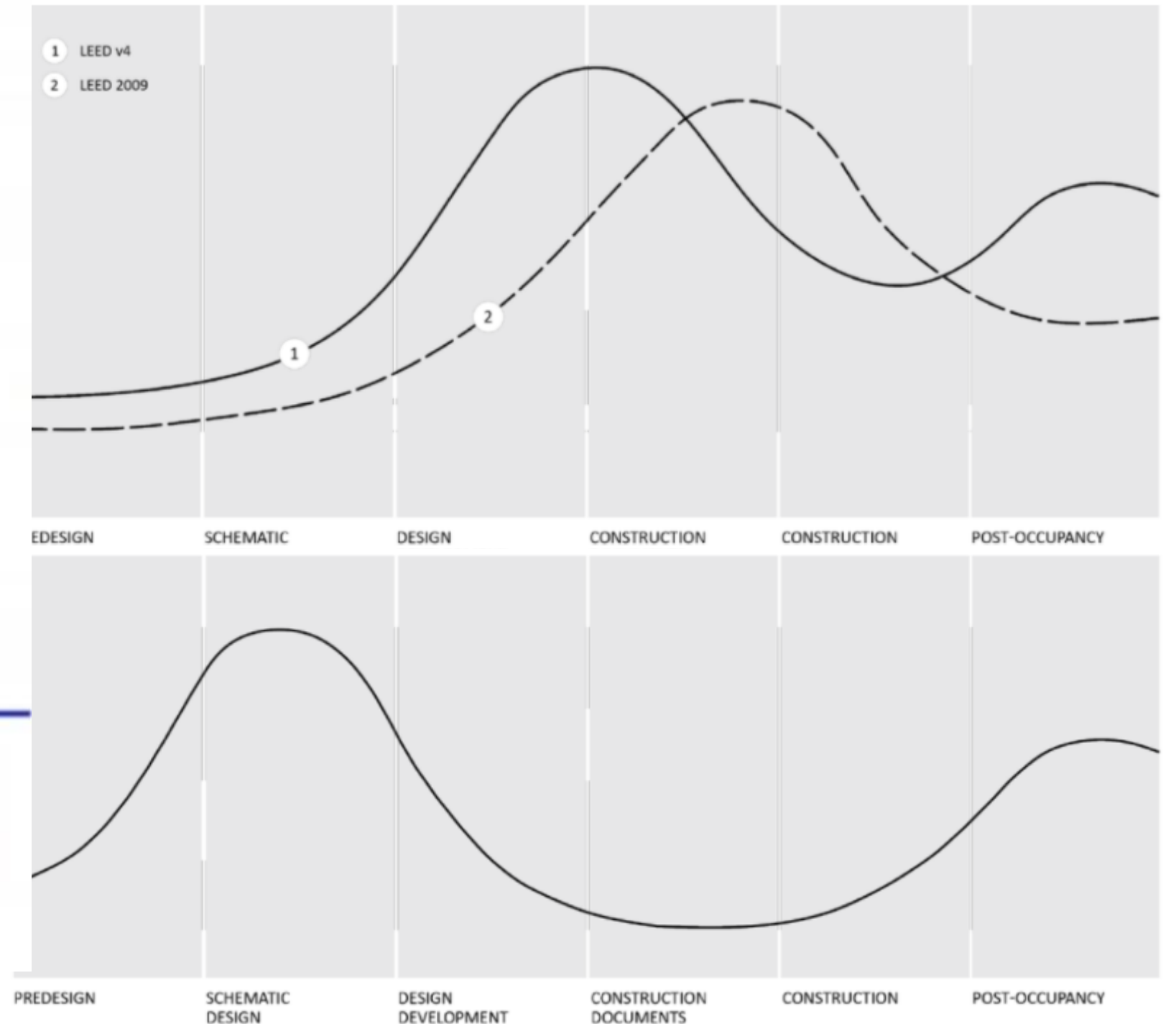
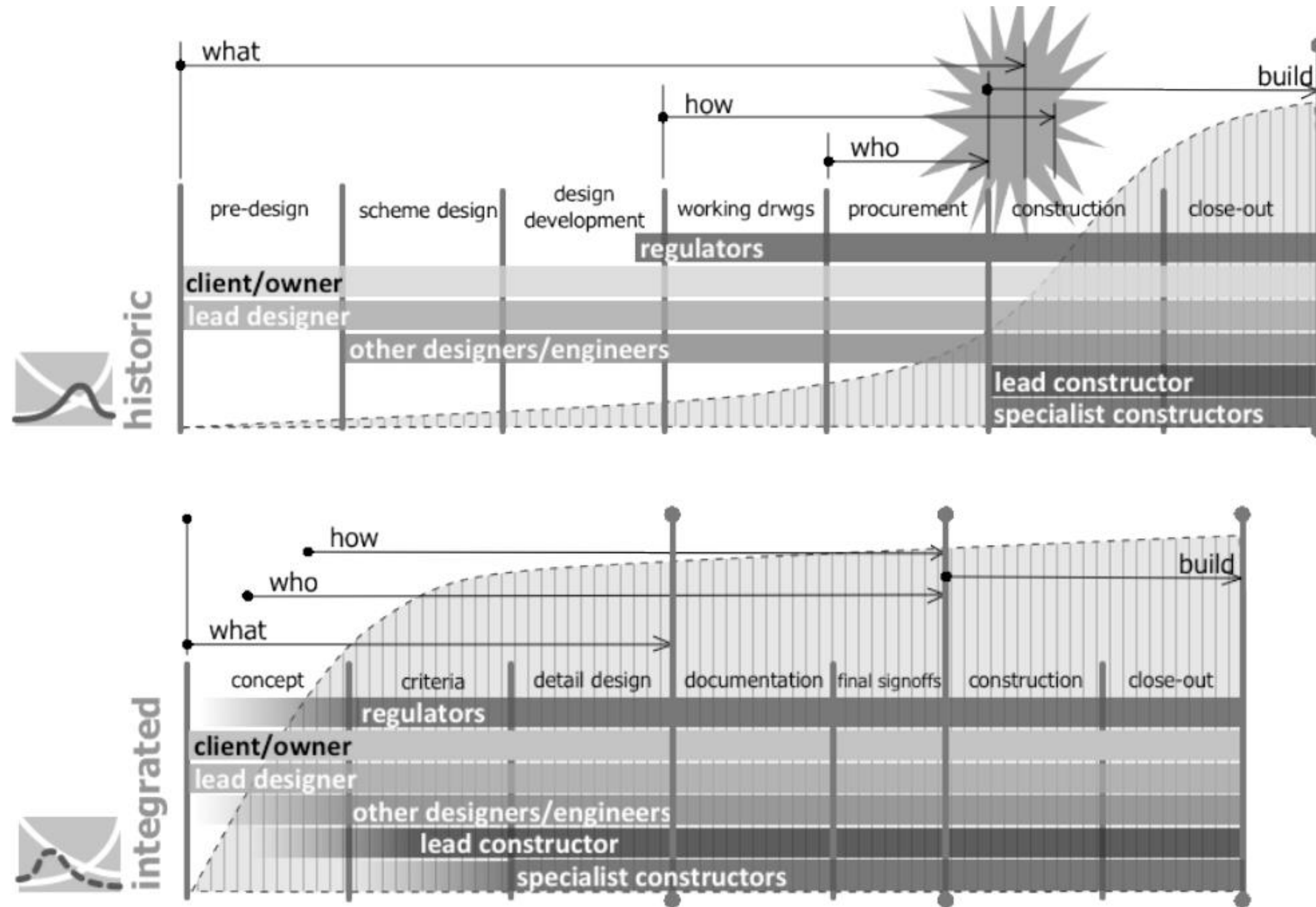


Figure 4. Projected time-effort graph of an 'ideal sustainable building'. This would be the case for a sustainable building designed in a holistic manner, which shows a clear, primary emphasis on strategies employed in the design stage and a secondary emphasis on the post-occupancy phase.

# L'impact sur l'équipe de projet



*L'activité de conception intégrée est considérée comme un processus d'apprentissage mutuel (Lawson, 2006)*



# Conditions favorables: témoignages et études de cas

POUR L'APPLICATION RÉUSSIE DU BIM

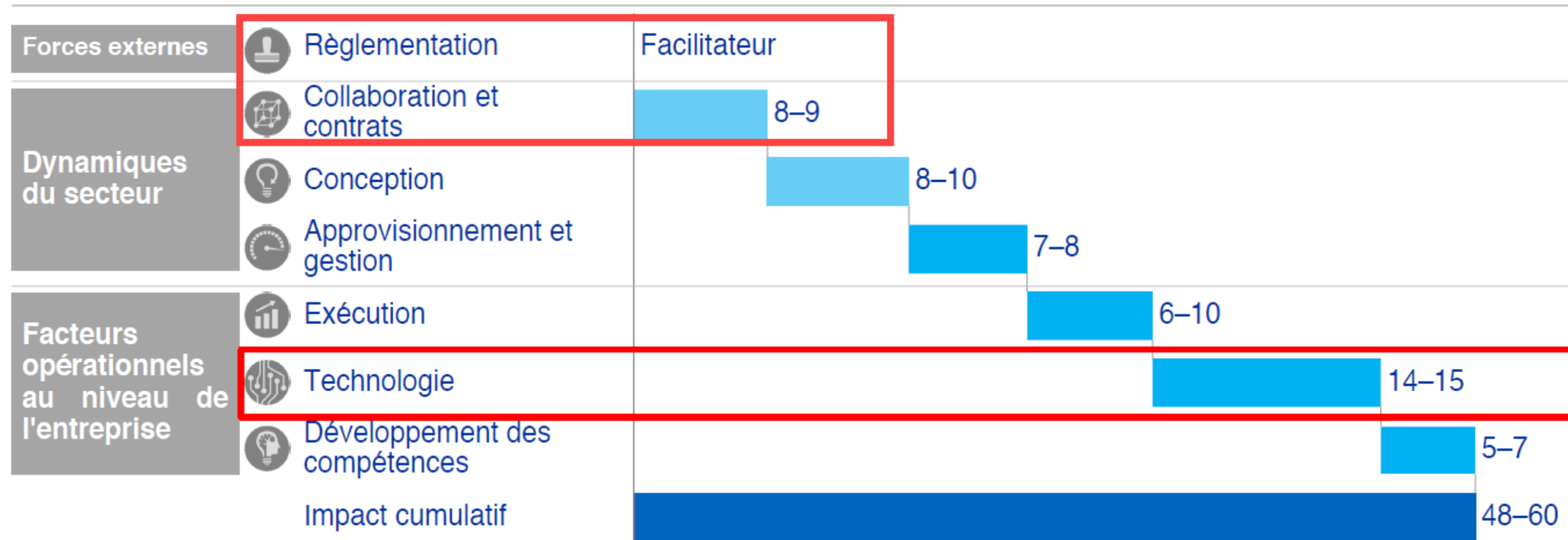
POUR L'UTILISATION DE LA CONSTRUCTION HORS-SITE

POUR L'INNOVATION EN GÉNÉRAL

# Les conditions facilitatrices

Amélioration potentielle de la productivité mondiale grâce à la mise en œuvre des meilleures pratiques

Impact sur la productivité (%)

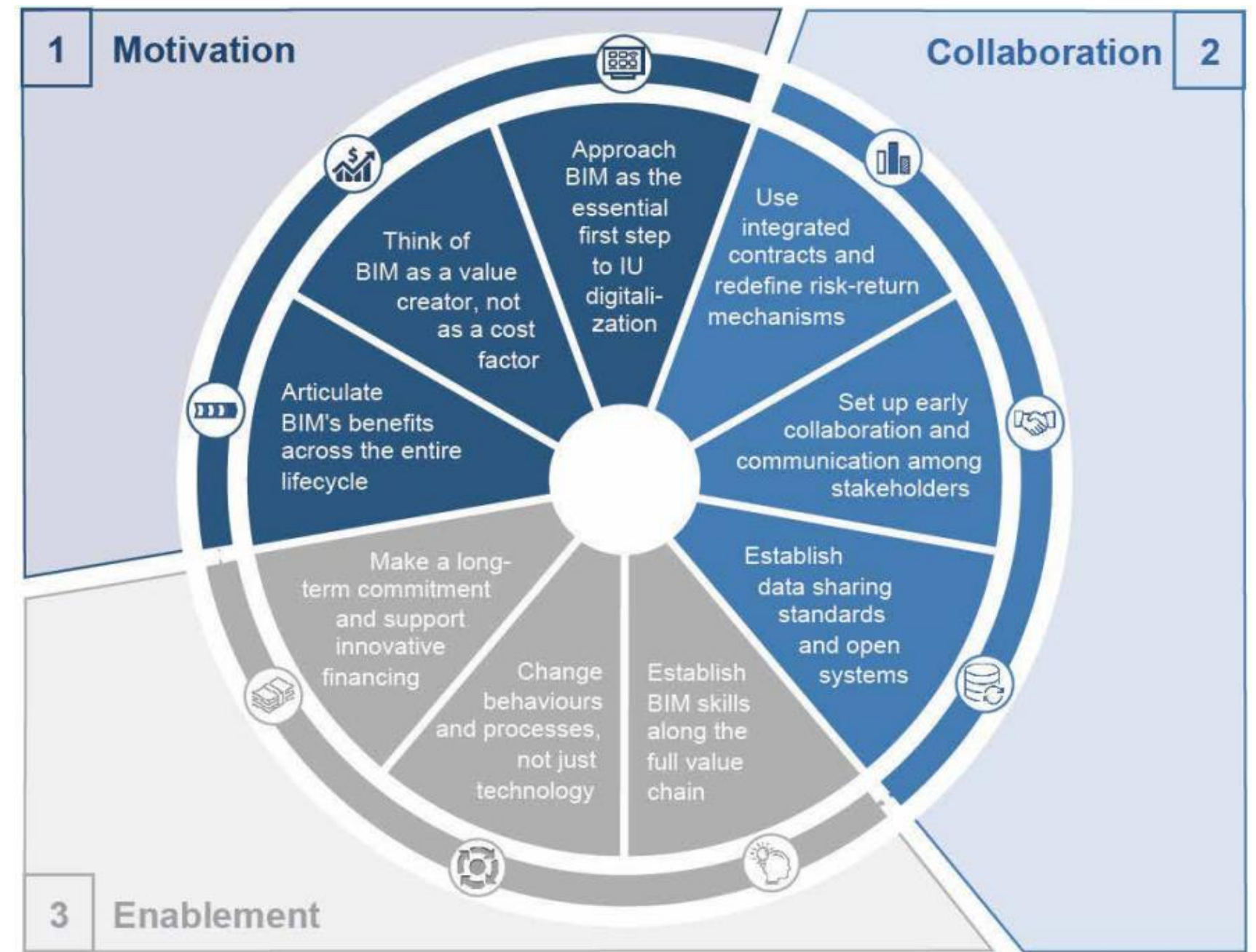


SOURCE: McKinsey Global Institute analysis | Reinventing Construction: a Route to Higher Productivity

# The 'BIM Adoption Circle'

De la Feuille de route gouvernementale:

- La réussite de la mise en œuvre du BIM passe par ... un développement d'une **culture de collaboration et de confiance mutuelle** dans le déploiement et l'utilisation du BIM dans les projets d'infrastructure
- De nouveaux modes de réalisation de projets, dont la **réalisation de projets intégrés (RPI) ou mode « Alliance »**, permettent une mise en œuvre optimale du BIM tout au long du cycle de vie du projet et une maximisation du potentiel de bénéfices.



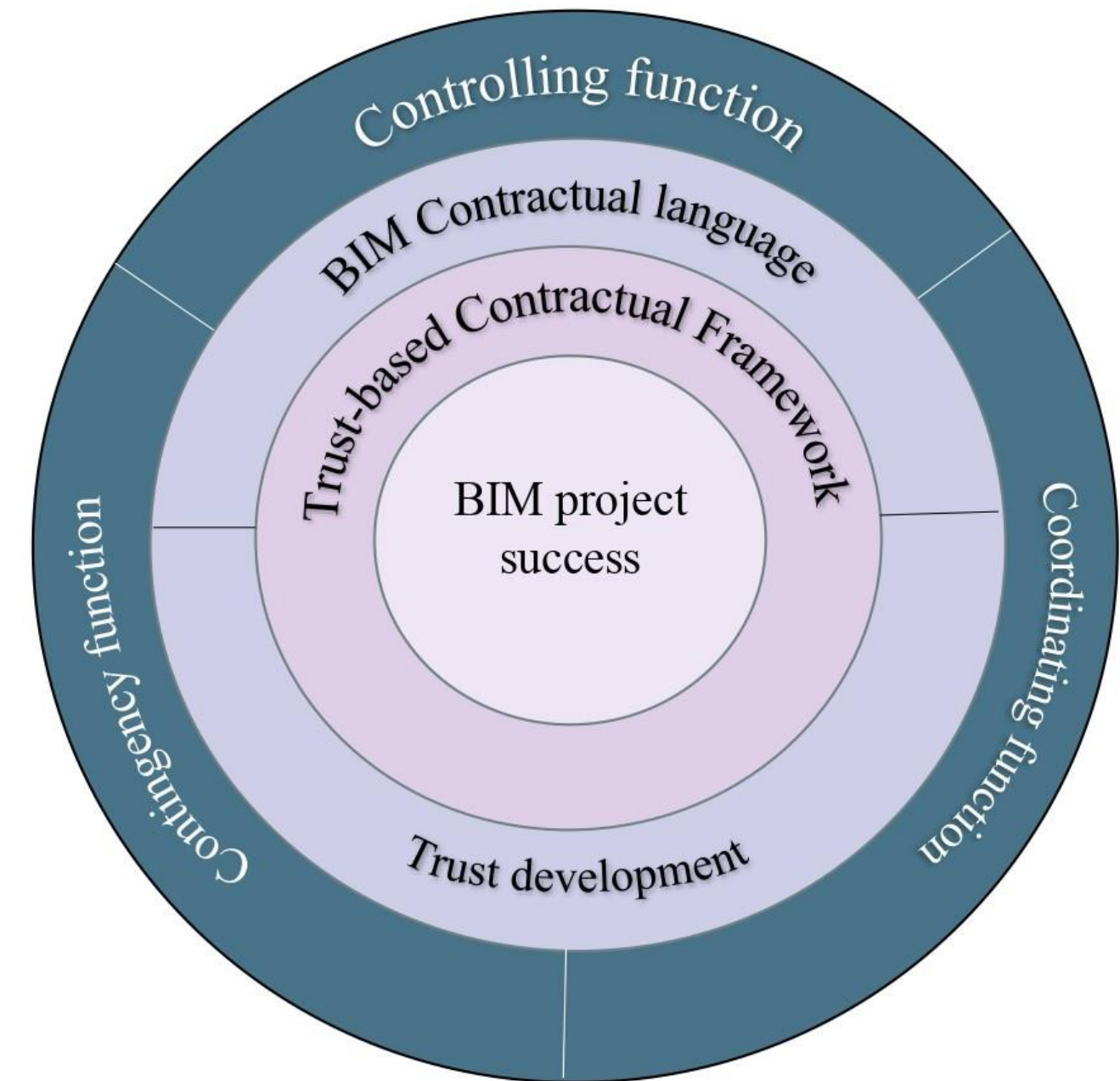
Plan d'action pour accélérer l'adoption du BIM (2018) par le Forum économique mondial (WIF) & le Boston Consulting Group (BCG).

# Témoignages d'entrevues-1

## conditions favorables pour bénéficier du BIM

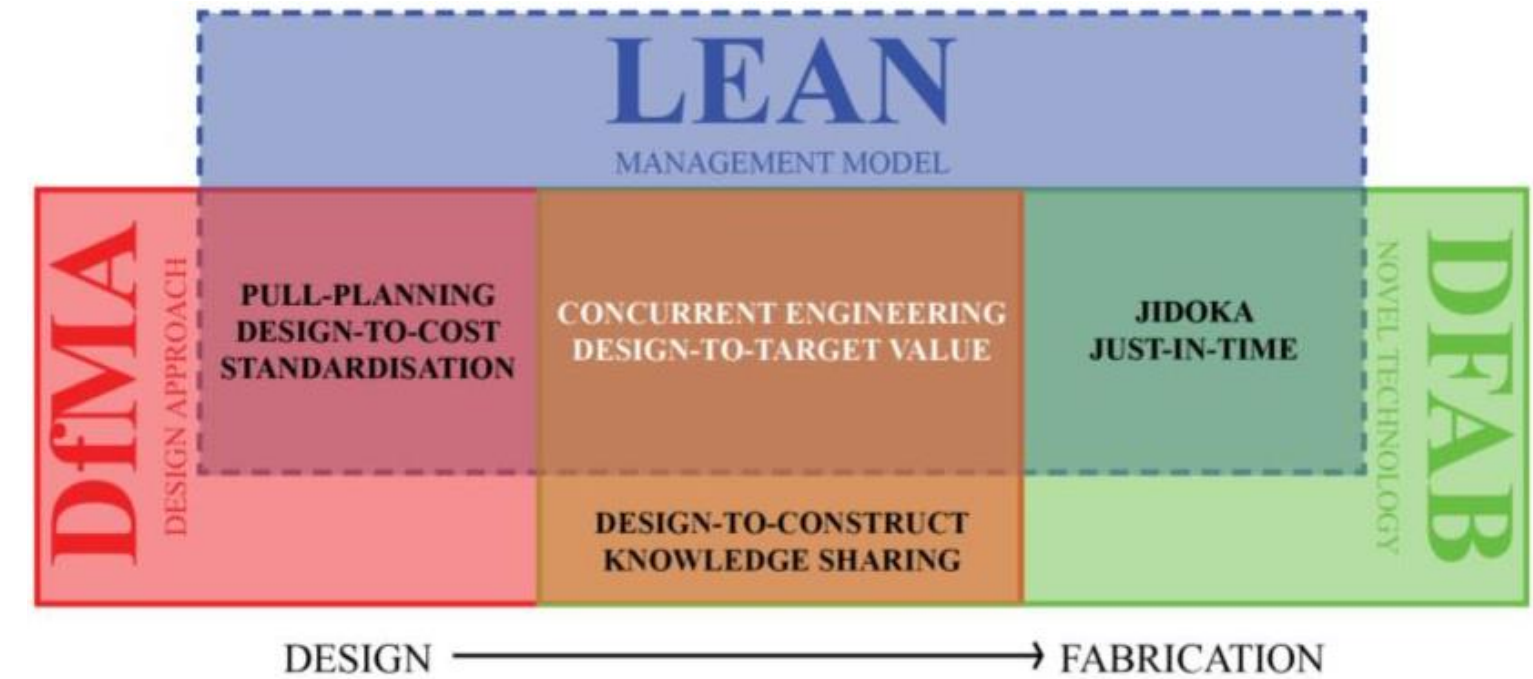
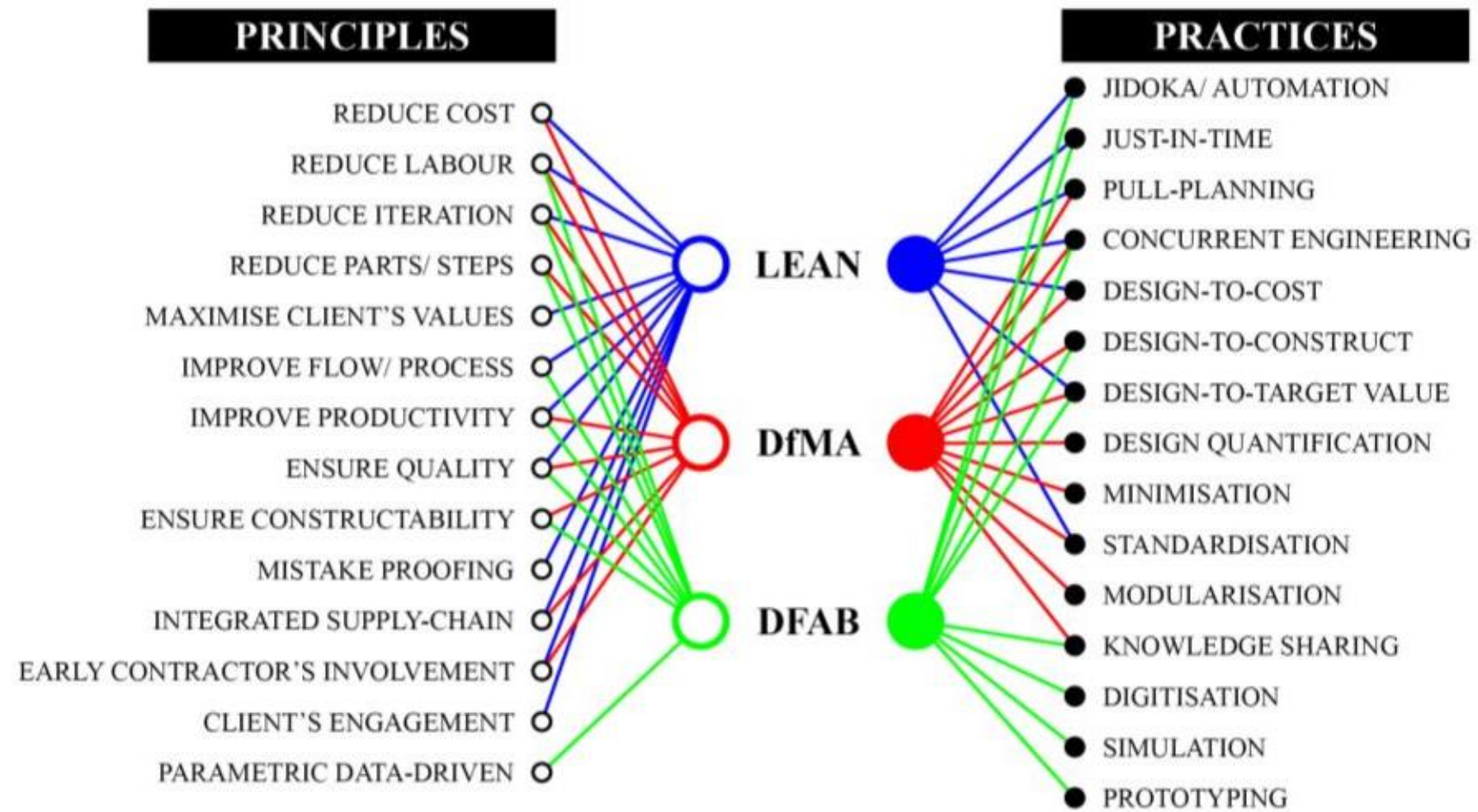
« BIM works the best in a collaborative contract nature, besides CCDC-30, that's the IPD contract. *And the others don't necessarily foster collaboration and BIM* »

« ...But when you talk about IPD, there is almost a consensus that that type of product delivery model is going to use BIM. *I don't think you could have an IPD project without BIM. It's either alliances or IPD are one of the must use BIM but the idea is if you have an integrated project team, you need to use an integrated project design system like them.* »



Source:  
Mémoire de maîtrise de  
Sarah Mahbod (2021)

# Synergies – pour la construction hors-site



# Étude sur l'état de lieux en matière d'usage des technologies en construction (commandée par ACQ et ACRGTQ)

- L'innovation dans l'industrie de la construction au Québec
- Analyse des pratiques liées à la construction hors site (CHS) au sein des entreprises Québécoises œuvrant dans l'industrie de la construction

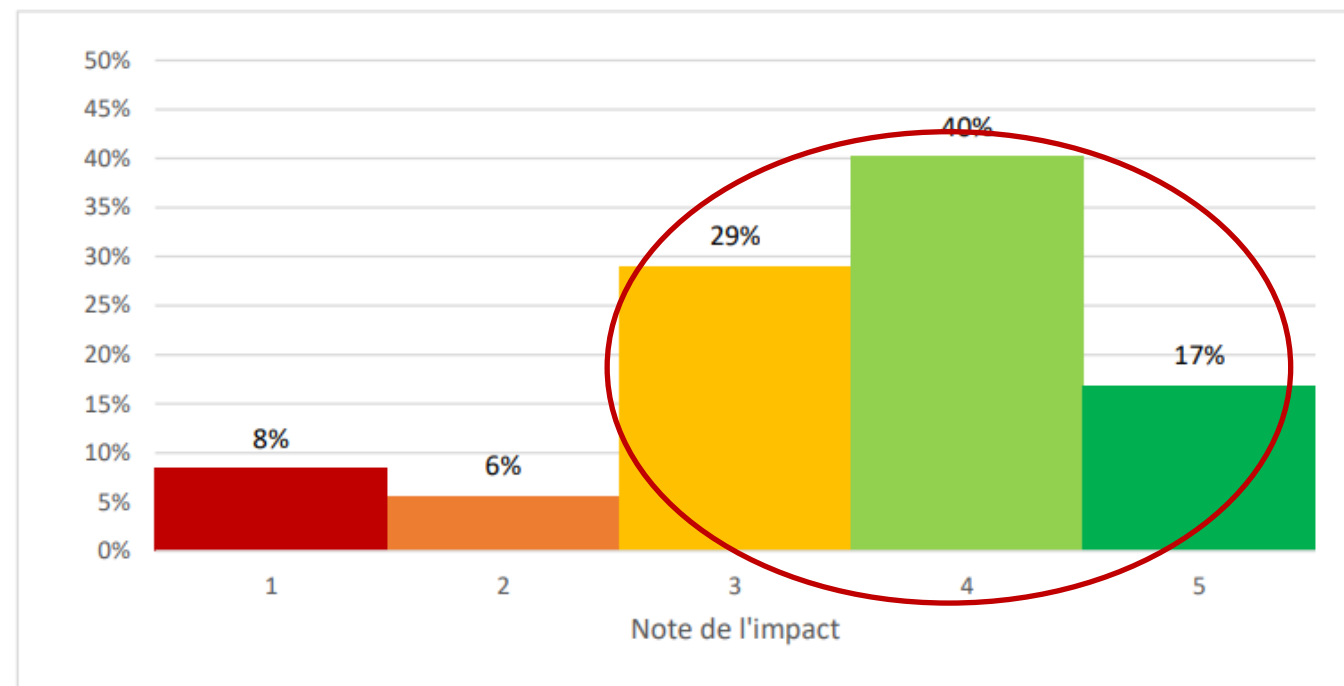


Figure 2.30 : Notes de l'impact de la technologie sur la productivité de chantier (N=109 technologies)

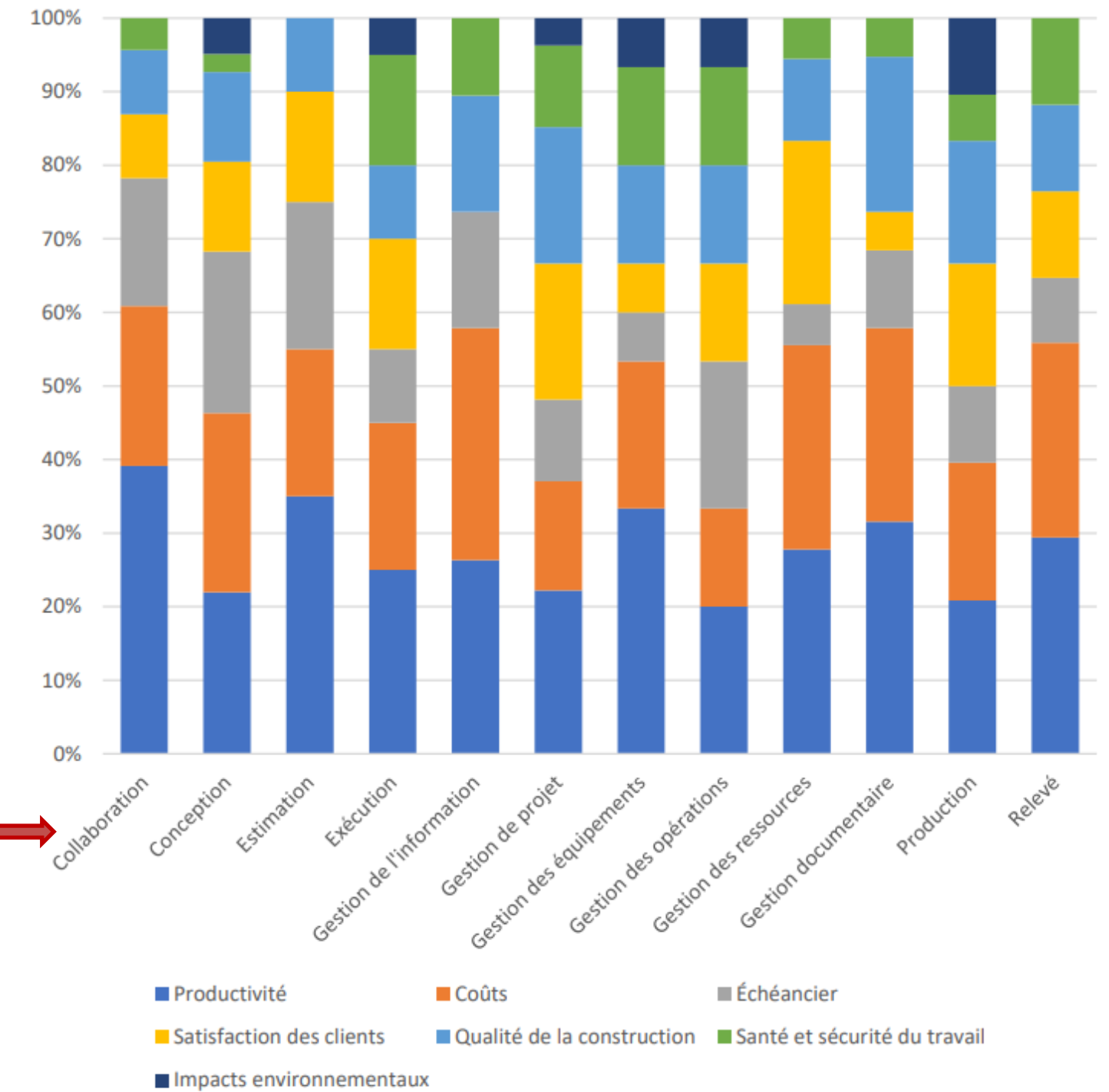
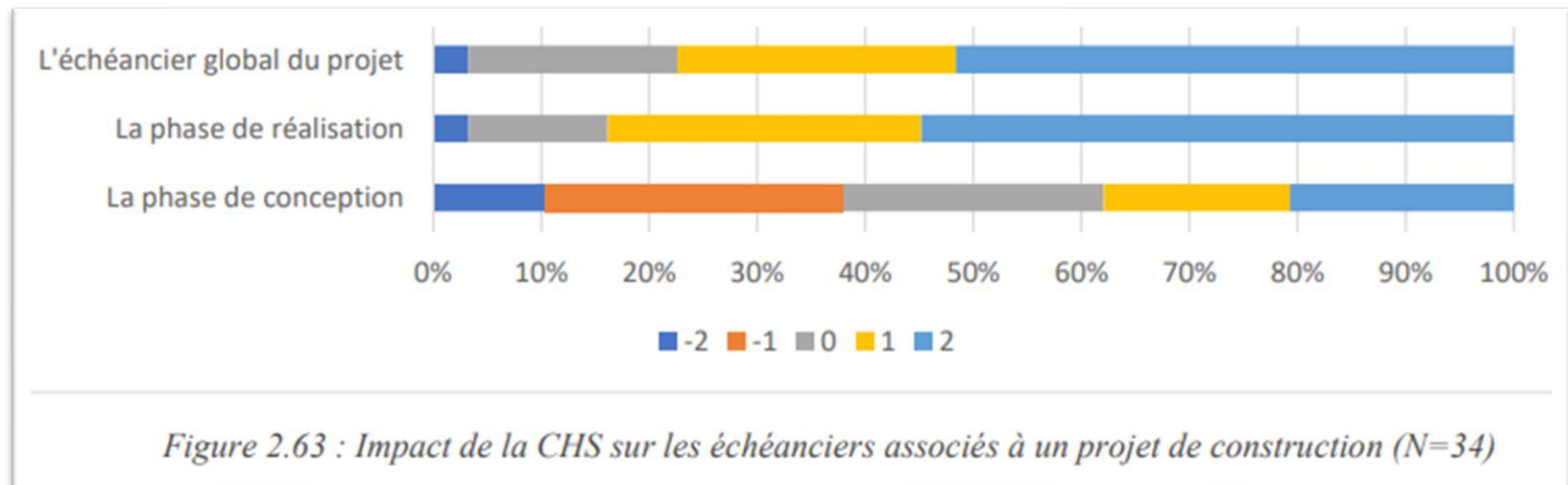
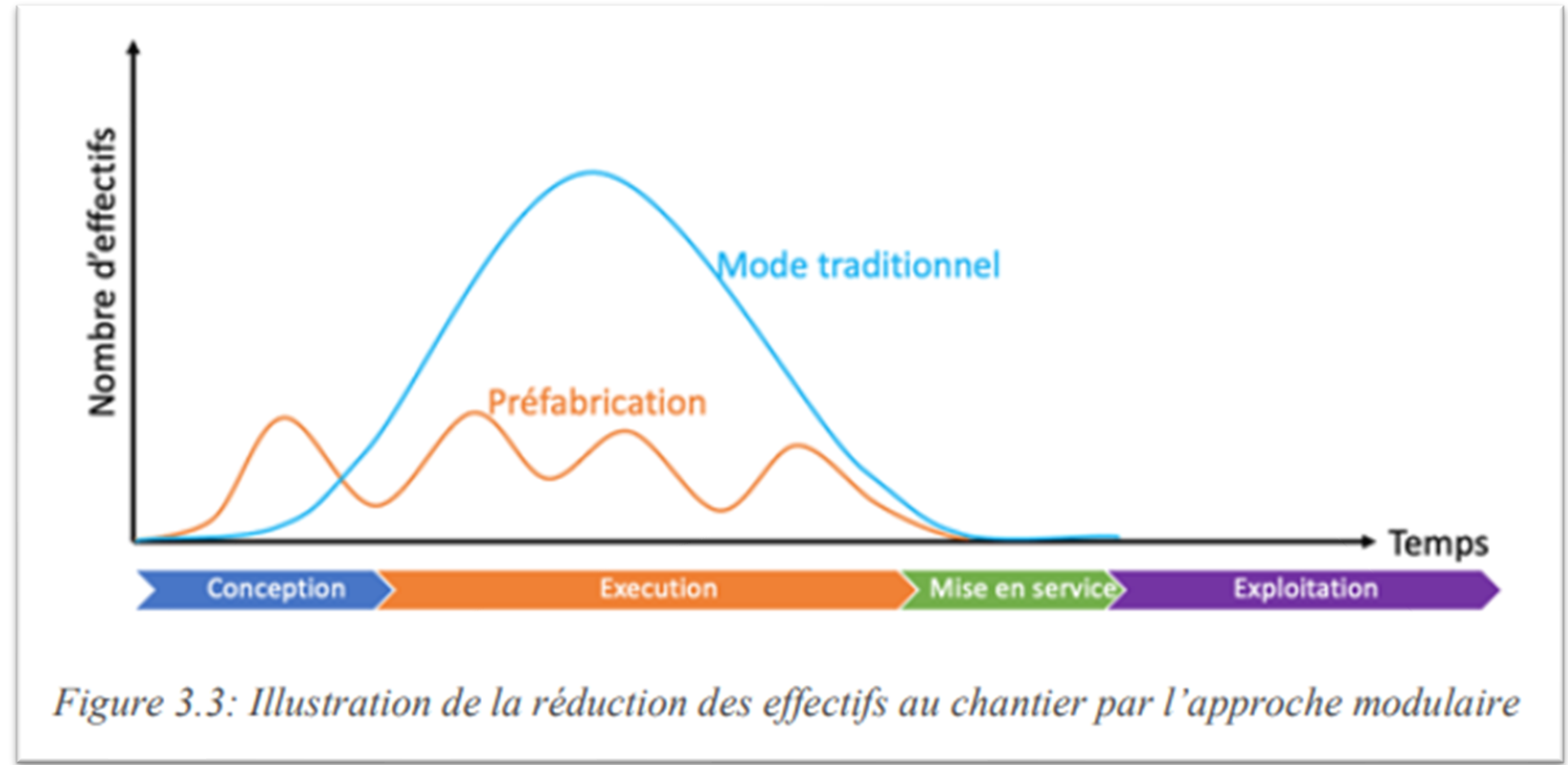
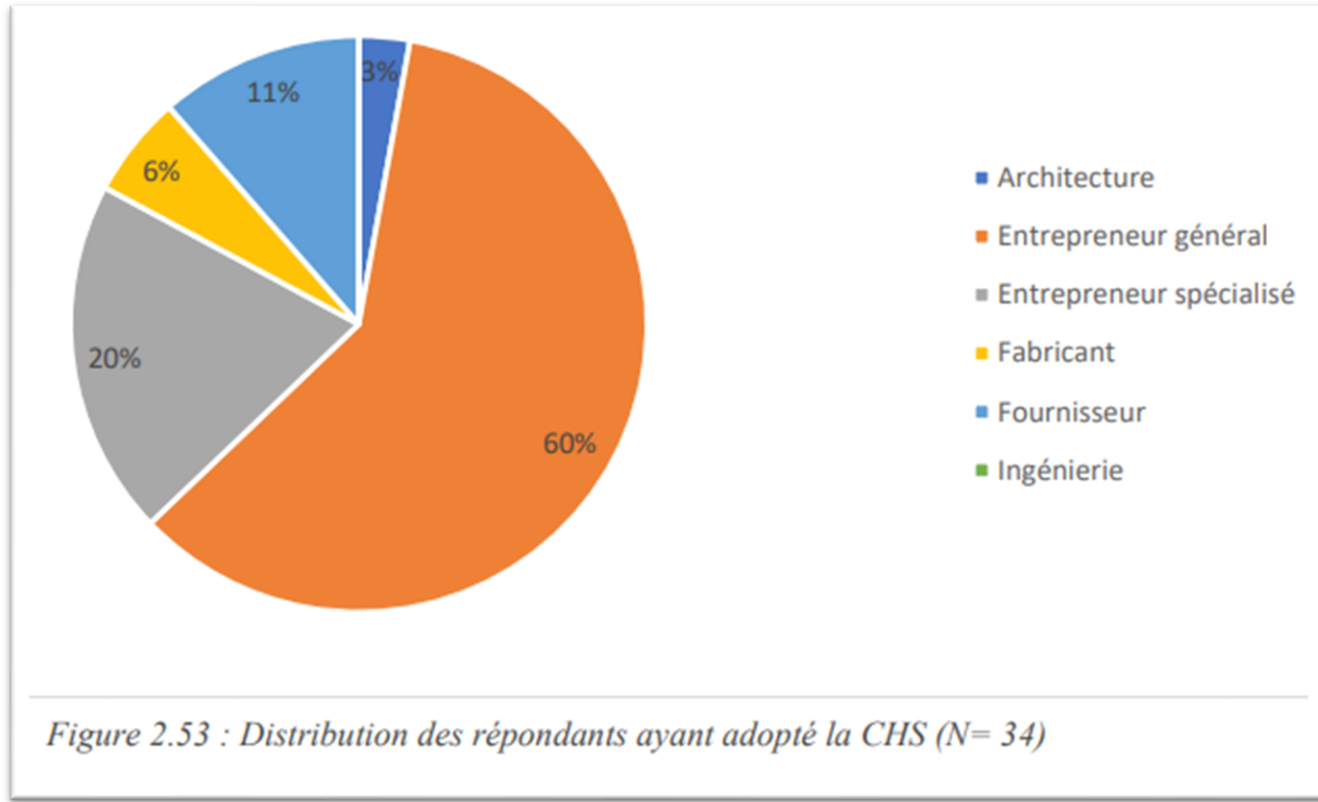


Figure 2.46 : Bénéfices de la technologie par fonction d'affaires (N=100 technologies)

# Étude sur l'état de lieux en matière d'usage des technologies en construction (commandée par ACQ et ACRGTQ)



# Modulaire: Hôpital Maisonneuve-Rosemont

- Évaluer l'impact de la CHS sur:
  - Les modèles d'affaires en construction
  - La productivité des entrepreneurs spécialisés
  - Étudier l'influence du mode de réalisation des projets sur la CHS
- Une des recommandations du rapport:
  - Favoriser les modes d'approvisionnement **dits intégrés** qui favorisent l'apport des entrepreneurs généraux et spécialisés en amont du projet.



CHS : Construction Hors Site



# Témoignages d'entrevues-2

CHS nécessite integration et provoque une **culture IPD-ish**

- « Je pense que c'était préférable qu'on arrive un petit peu en avant, quelques semaines de plus, pour questionner quelques enjeux. ... **Si on était arrivé un peu en avant** on aurait pu pousser la réflexion un peu plus loin pour éviter certains problèmes de coordination sur chantier » (Architecte)
- Les fabricants hors site dès qu'ils travaillaient sur leurs dessins puis qu'ils voyaient quelque chose qu'on n'a pas clarifié, ils nous contactaient, puis ils nous demandaient de le clarifier » (Architecte)
- «... si on a à refaire ce projet, je pense qu'on **prendra un peu plus de temps de notre côté** pour bien toute analyser » (Architecte)
- « Au niveau de la conception, la CHS a permis d'accélérer les processus, ... toute était condensé, **avoir un fabricant de produits hors site autour de la table nous a aidé**, parce qu'il y avait une flexibilité dans son mode de production, donc on a quand même pu tester et valider des choses avec lui » (Architecte)
- « L'intégration de produits préfabriqués au niveau de nos dessins nous a permis de garder un processus simple de notre côté puis de **travailler directement avec le fabricant** pour qu'il commence la production » (Architecte)

# Un projet résidentiel multiétage modulaire en bois

## Témoignages d'entrevues-3

- + PCI
- + Pods (modules volumiques)
- Rôles
- Disponibilité de l'information
- DfMA

Les **contrats de coopération** tels que les contrats de type réalisation intégrée du projet (Integrated Project Delivery - IPD), et conception-construction seraient des stratégies à déployer selon les répondants.

Le coût prévisionnel du projet était plus élevé que le budget du client ce qui a empêché sa réalisation « une mésentente financière a fait échouer le projet » (Ing, AR).

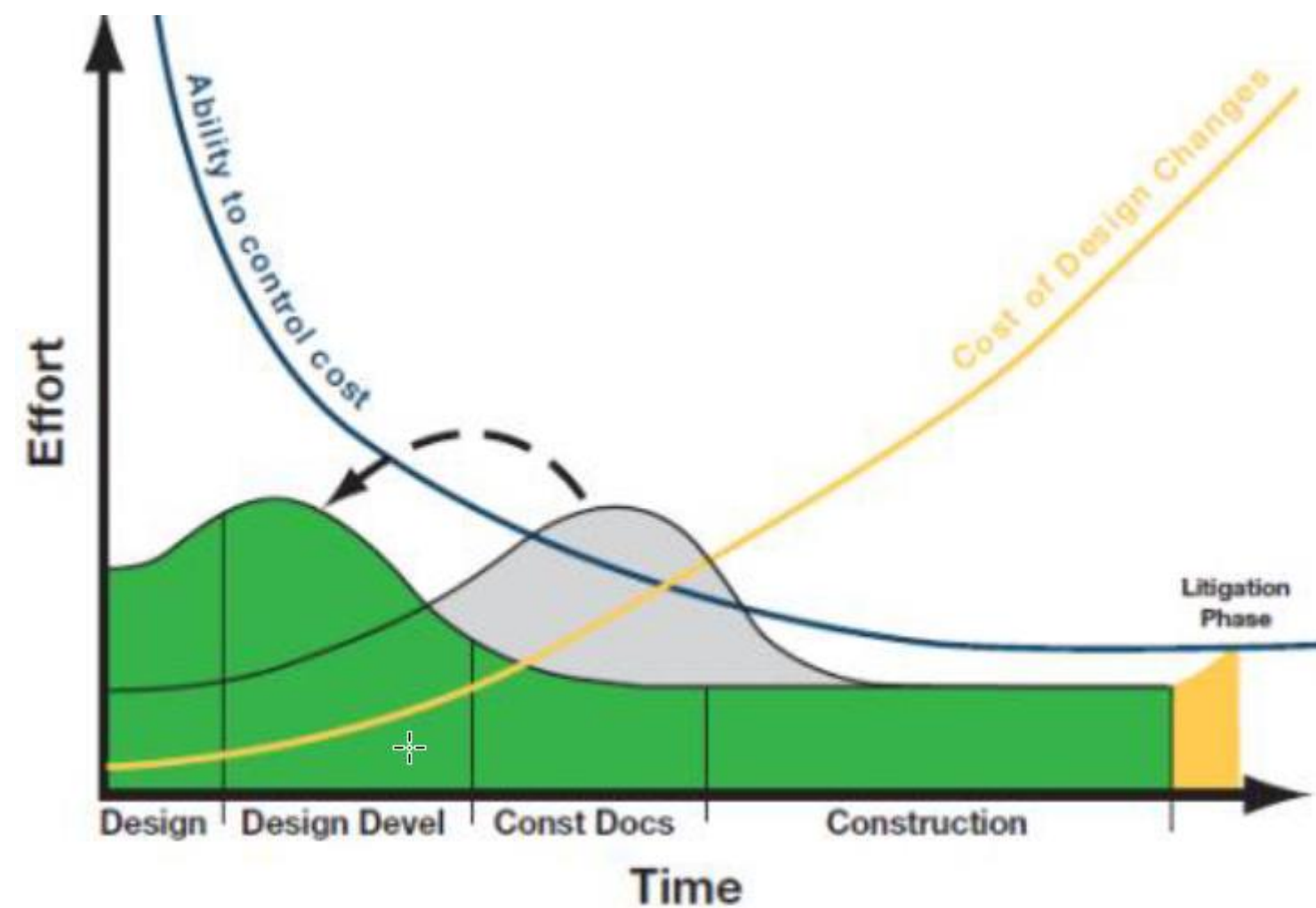
(Ing.): « il faudrait un organigramme décisionnel plus adapté »

(Fabr.): « il manquait un intégrateur pour tout coordonner ».

(Arch.)« On a travaillé ensemble pour optimiser le pod » néanmoins le fabricant n'avait pas assez d'éléments pour « mettre un coût sur la production de ce pod »

**Le cadre légal et**  
**- la collaboration,**  
**- l'innovation,**  
**- l'apprentissage**

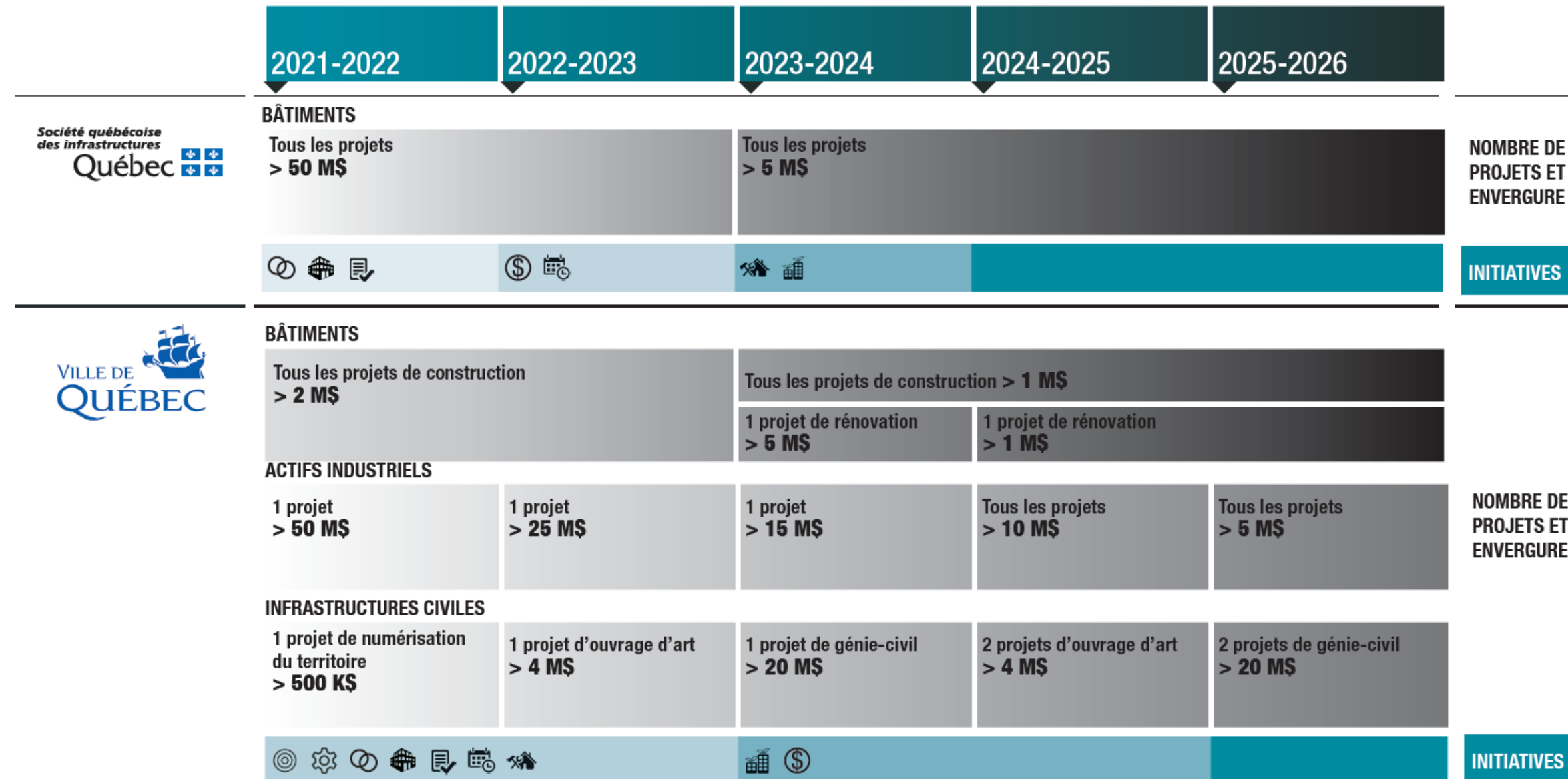
# La SQI - déploiement du BIM-PCI



**Guy Paquin, ing., M.Sc.**  
Directeur général - Direction générale  
des stratégies et des projets spéciaux,  
Société québécoise des infrastructures


**GENIUM360**

# La Feuille de route gouvernementale-BIM



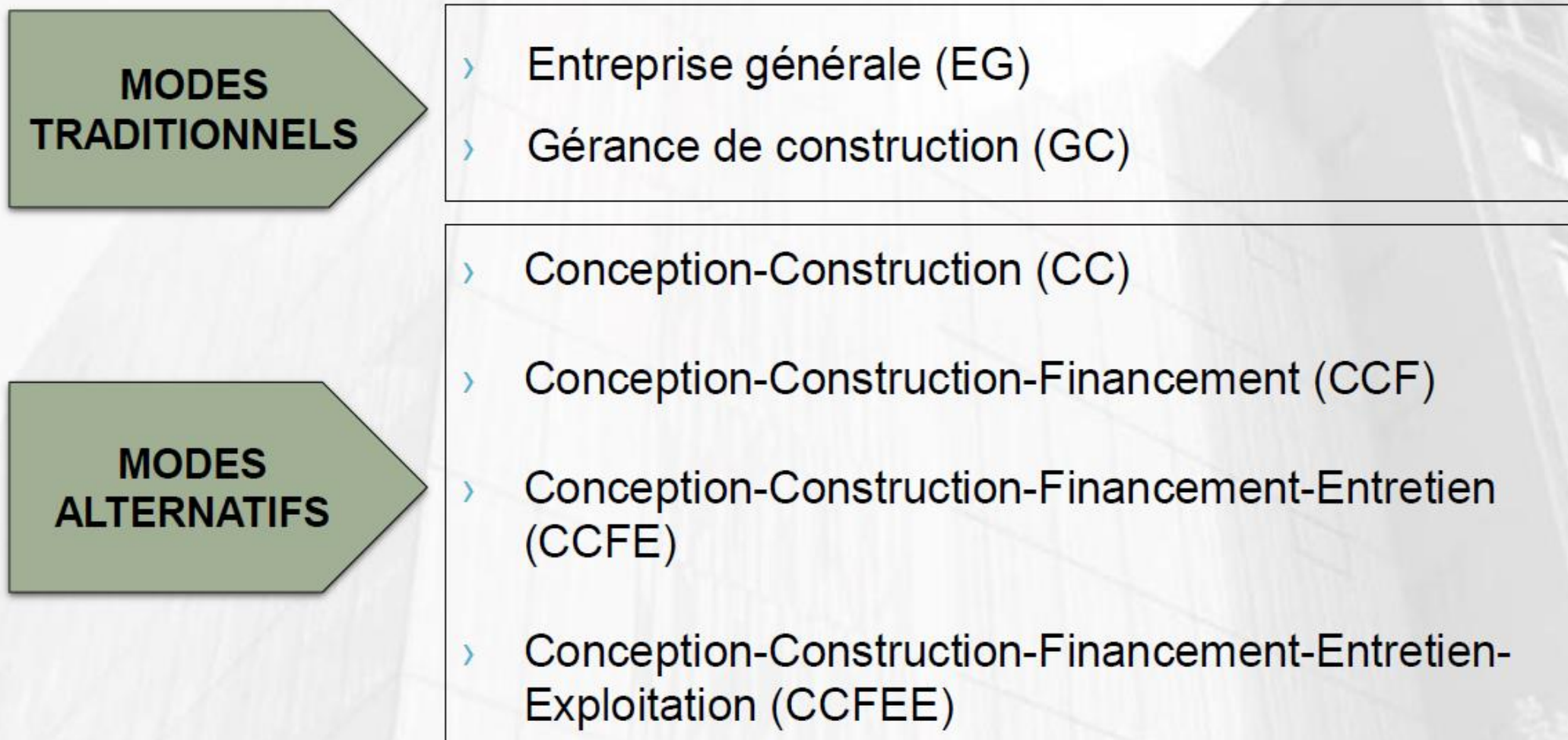
## LÉGENDE

-  Stratégie
-  Préparation
-  Sensibilisation parties prenantes
-  Conception Intégrée (PCI)
-  Coordination (3D)
-  Échéanciers / planification (4D)
-  Coûts / estimation (5D)
-  Développement Durable (6D)
-  Exploitation (7D)
-  Programmation / gestion des exigences

 Niveau d'application du plus faible au plus élevé. Les projets et les initiatives se poursuivent au-delà de l'année d'implantation.

# La collaboration et les modes de réalisation de projets

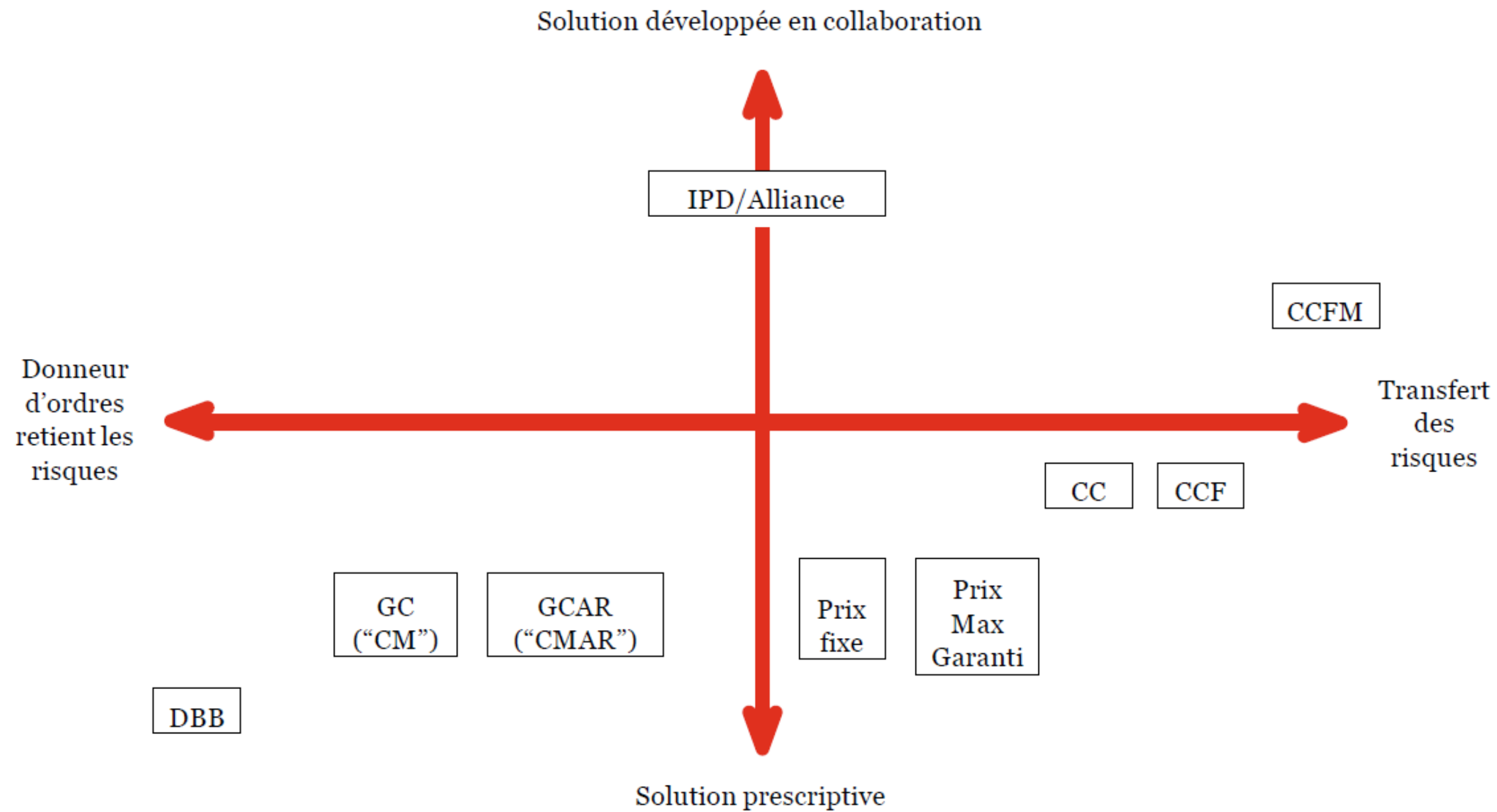
## Familles de modes de réalisation



**Guy Paquin, ing., M.Sc.**  
Directeur général - Direction générale  
des stratégies et des projets spéciaux,  
**Société québécoise des infrastructures**

 **GENIUM360**

# Cartographie de certains modes de réalisation



**Johanne Mullen**

Associée, leader nationale,  
Projets d'immobilisation et infrastructures  
PwC Canada

# Comment réussir la transformation?

LE RÔLE DU DONNEUR D'OUVRAGE PUBLIC

R&D – COLLABORER AVEC LES UNIVERSITÉS, ETC.

FORMATION, AMÉLIORATION CONTINUE

COLLABORER, CO-CRÉER



# Défis et avenues pour favoriser la transformation numérique

De Québec économique – C4.0 (Mario Bourgault & collectif, 2020)

- L'innovation technologique constitue un vecteur de transformation important pour l'industrie, mais elle doit être accompagnée par d'autres **changements de type organisationnel, structurel, réglementaire**, etc.
- Plusieurs observateurs identifient l'importance **d'accroître la concertation** dans un milieu traditionnellement associé à la confrontation.
- Un **rôle proactif des donneurs d'ouvrages publics** est souvent identifié comme déterminant pour favoriser la transformation numérique.

# Un mandat – BIM? Au Canada

Le seul pays du G7 sans mandat pour BIM

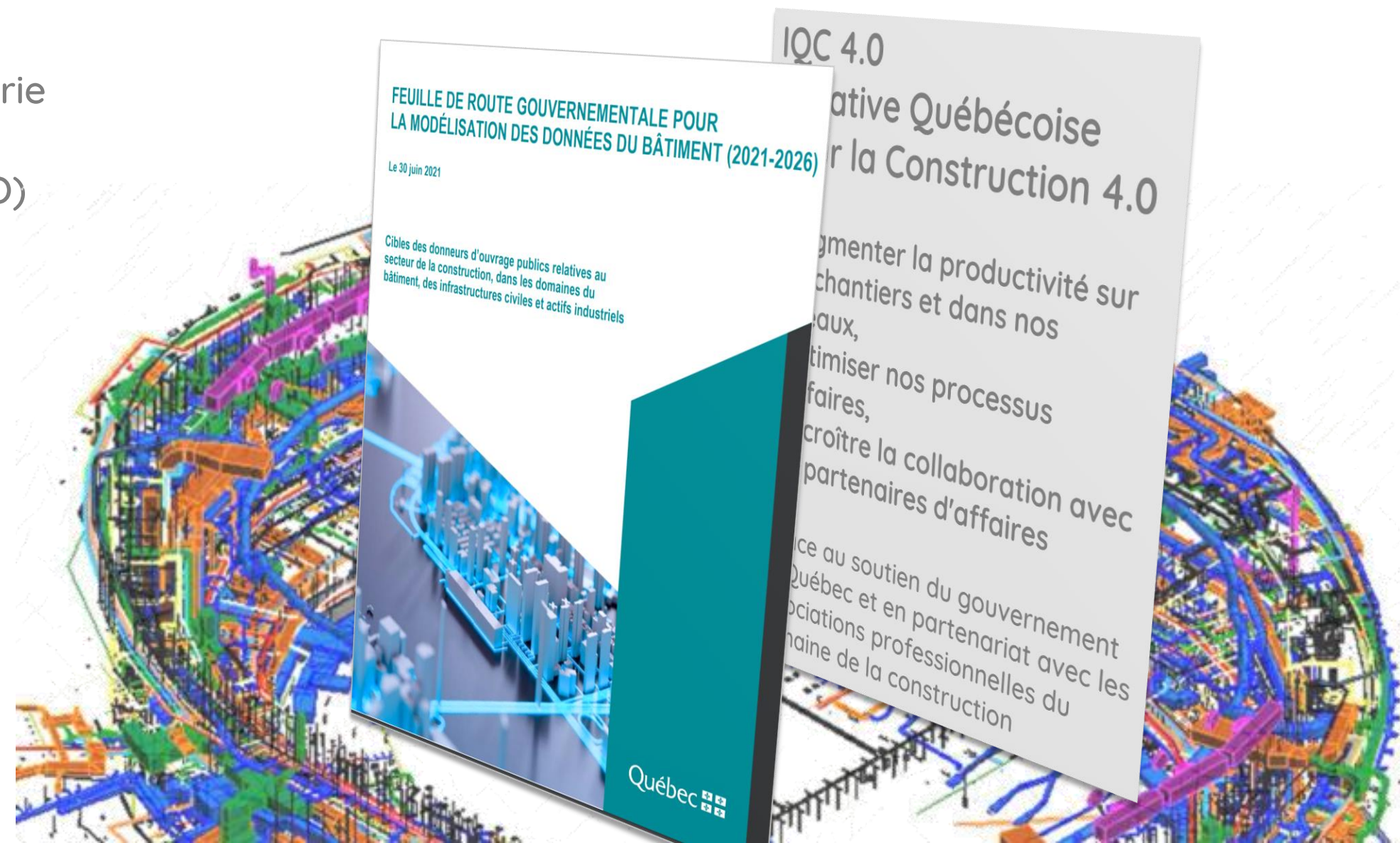
- 82% sont des usagers actifs de BIM
- 88% partagent leurs fichiers BIM avec au moins 1 organisation externe
- 33% - avec 5 ou plus organisations
- 60% admettent le besoin d'un standard de l'industrie
- 94% pensent que BIM est le futur de l'information des projets et des pratiques en construction (AECO)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

*(source: U of Toronto)*

## Au Québec

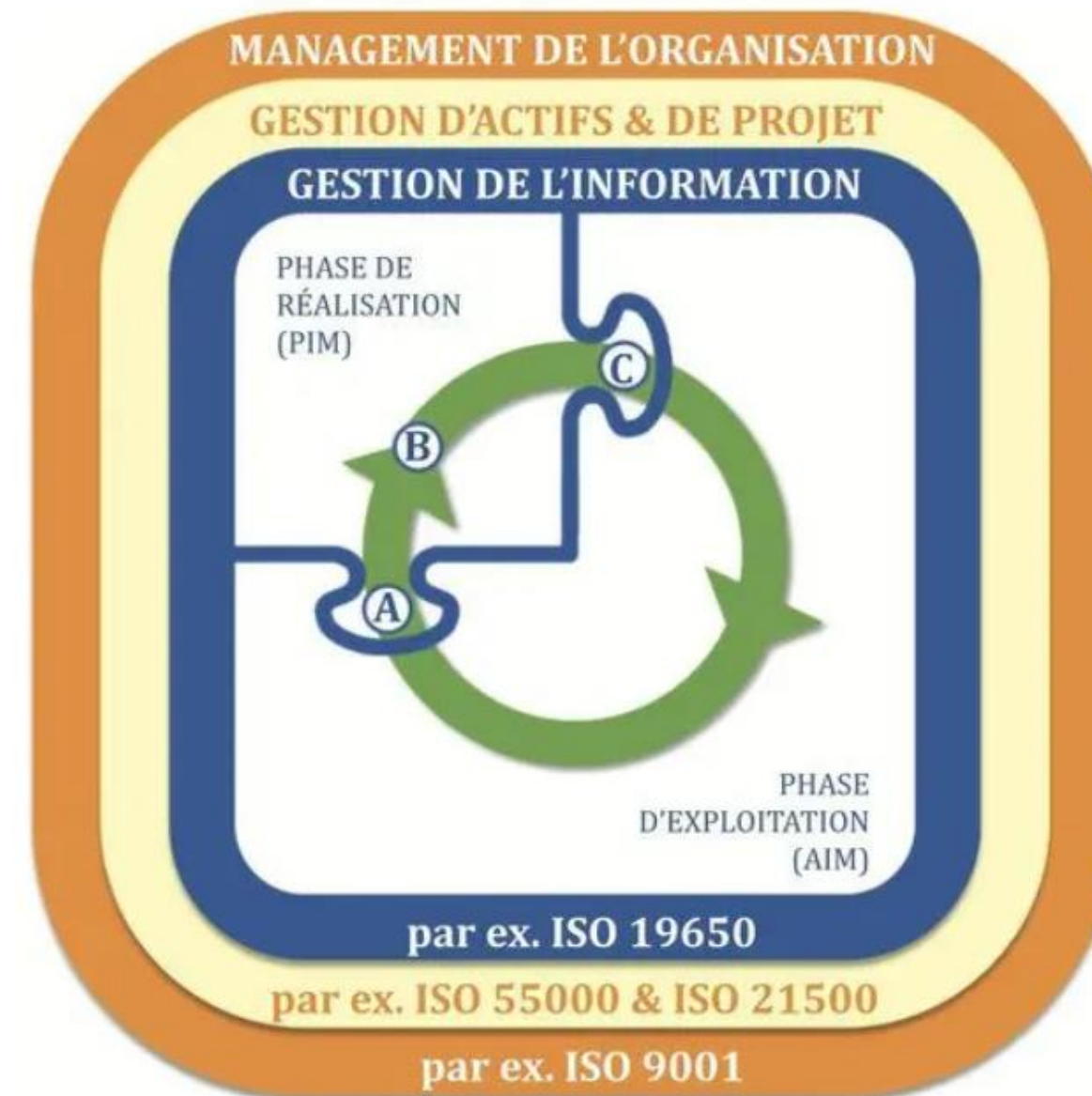
Vu comme exemple au Canada!

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



# L'information sur un bien immobilier

- ISO 19650
- Transformations organisationnelles?
- Culture de partage

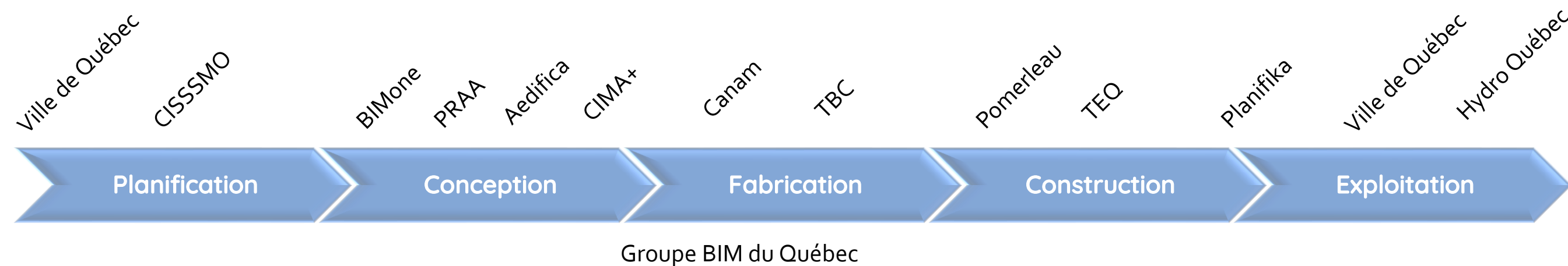


## Légende

- 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

# R&D en collaboration avec les universités...

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



# Les embauches - C4.0

- apprendre à innover
- bénéficier des données

Chart 7A. NON-AEC HIRE IN PAST 24 MONTHS?

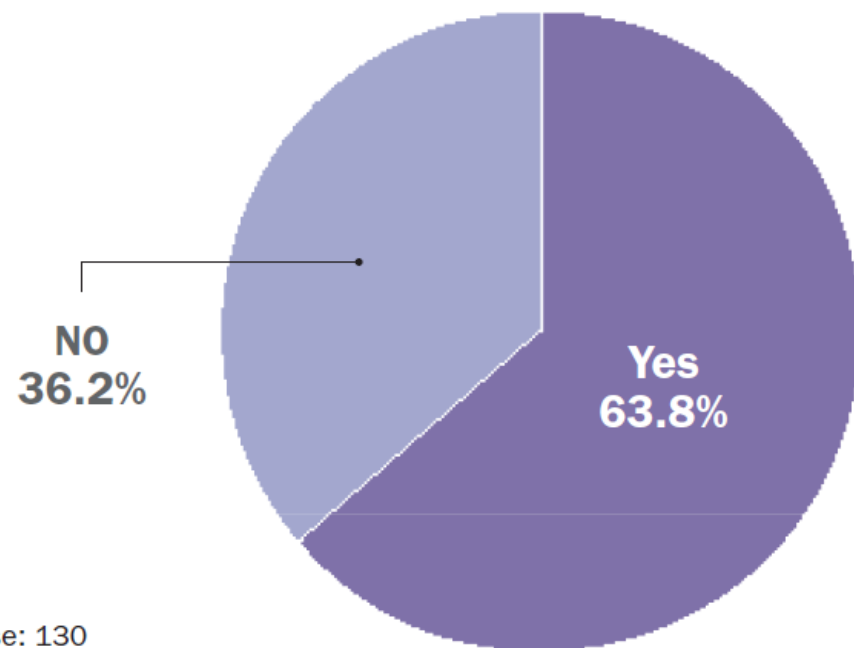
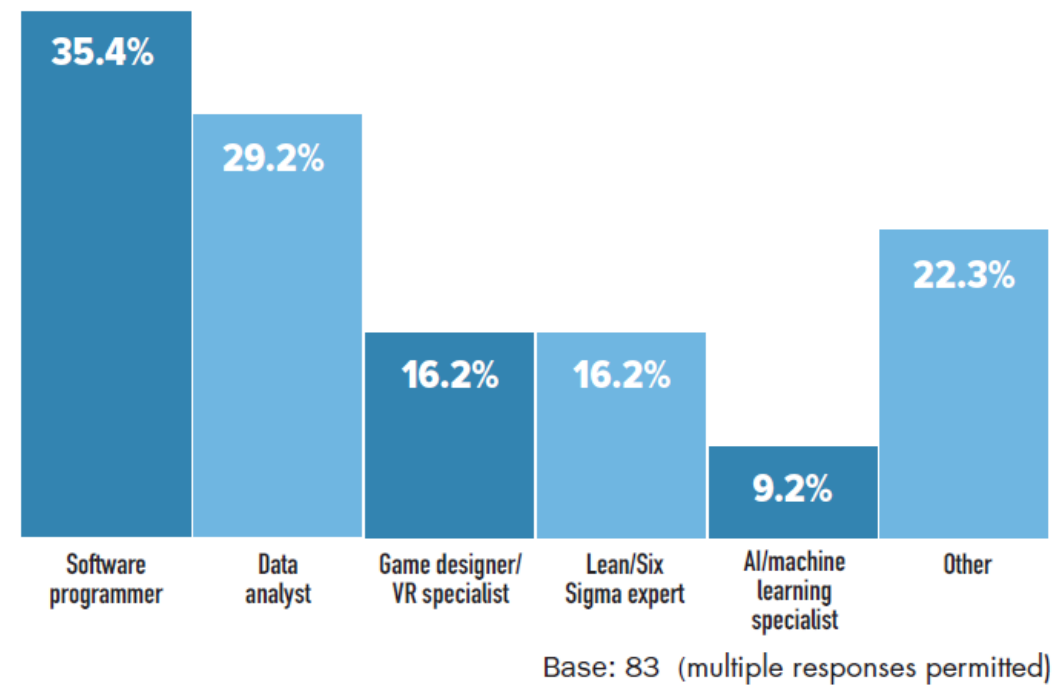


Chart 7B. TOP 'AEC OUTSIDER' HIRES



<https://www.bdcnetwork.com/exclusive-research-download-final-report-bdcs-giants-300-technology-and-innovation-study>

# Former des 'agents du changement'

PROGRAMME COURT DE 2<sup>E</sup> CYCLE EN  
MODÉLISATION DES DONNÉES DU  
BÂTIMENT (BIM)

DESS  
EN BIM ET INNOVATIONS NUMÉRIQUES

# Merci!

ivanka.iordanova@etsmtl.ca

COMMENT PENSEZ-VOUS  
TRANSFORMER VOTRE TRAVAIL?

