
Allier recherche et pratique dans la mise en œuvre de jumeaux numérique pour l'exploitation d'immeubles à bureaux : une étude de cas

**Symposium Réseau Énergie et Bâtiments
Bâtiments Intelligents pour une meilleure
efficacité énergétique**

12 décembre 2022

Erik A. Poirier, PhD

Professeur, Département de génie de la construction
Co-directeur, GRIDD

Ali Motamedi, PhD

Professeur, Département de génie de la construction
Directeur, CCPS

Laurence Paré

Analyste principale, Innovation, Exploitation, Bureaux Québec
Ivanhoé Cambridge

Maxime Drolet

Directeur, Services techniques, Place Ville Marie
Ivanhoé Cambridge

Le projet

- **Objectif primaire :**
 - Optimiser les opérations et maximiser l'impact des interventions d'Ivanhoé Cambridge dans le cadre de ses pratiques d'exploitation et de gestion immobilière de la Place Ville Marie au moyen de l'implantation d'un jumeau numérique du complexe immobilier.
- **Objectifs secondaires :**
 - Établir la situation actuelle et désirée en matière de numérisation du complexe de la PVM dans le but de soutenir l'exploitation et la gestion immobilière
 - Développer une stratégie de numérisation du complexe afin de rencontrer les fins établies dans la situation désirée
 - Identifier les technologies et les pratiques permettant de soutenir cette numérisation
 - Développer les compétences nécessaires pour supporter cette numérisation



Source: Ivanhoé Cambridge

Phase I : préparation

Phase II : initiation

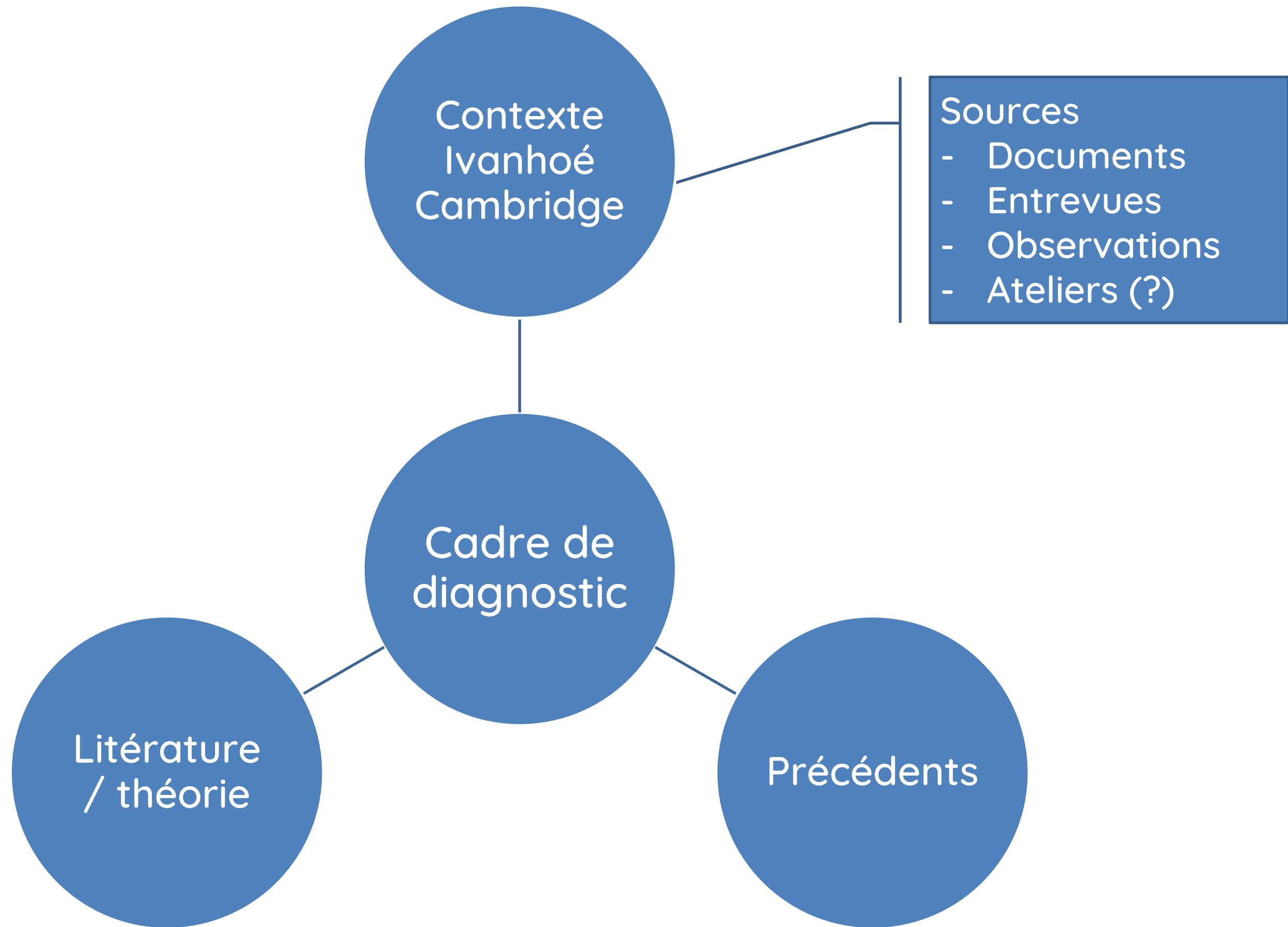
Phase III : mise en oeuvre

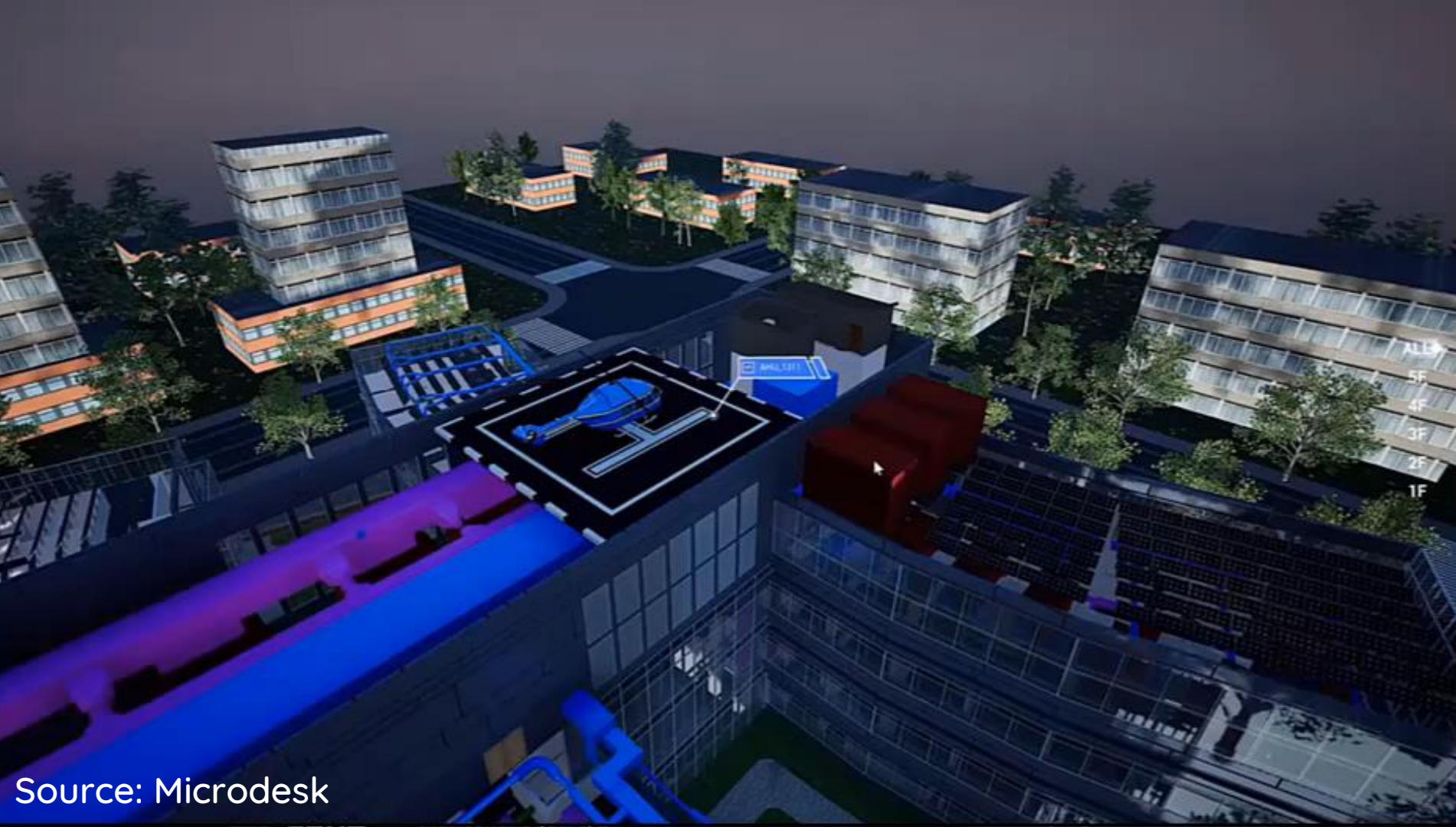
- Diagnostic
- Planification

- Pilotage
- Fondements

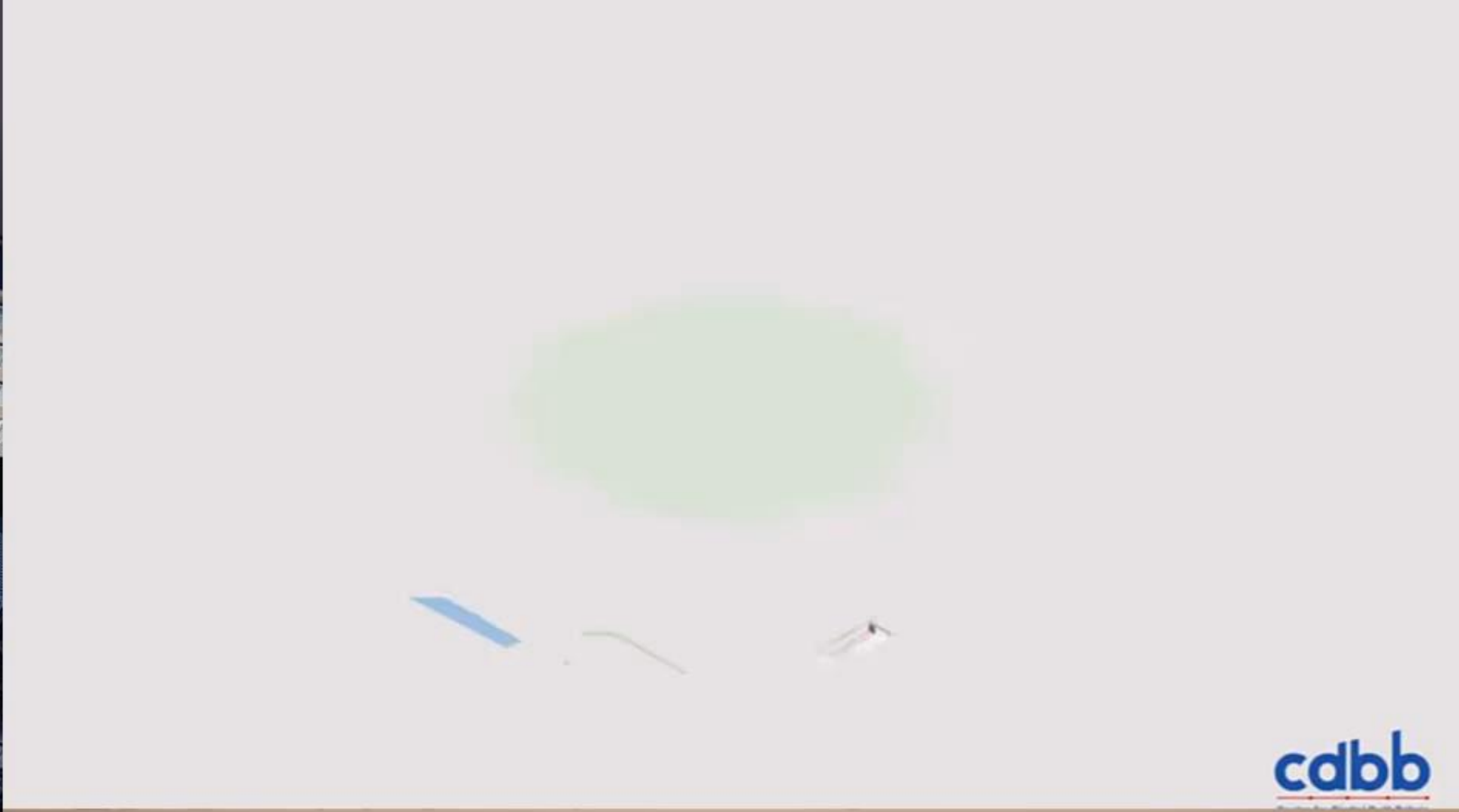
- Facilitation
- Implantation
- Suivi

- **Diagnostic** : Établir la situation actuelle et désirée en matière de numérisation du complexe de la PVM dans le but de soutenir l'exploitation et la gestion immobilière
 - Développement de la stratégie de diagnostic avec les représentants d'Ivanhoé Cambridge
 - Accompagnement dans le processus de diagnostic
 - Analyse et interprétation des résultats des diagnostics
 - Caractérisation de la situation actuelle en matière de numérisation des pratiques d'exploitation et de gestion immobilière chez Ivanhoé Cambridge
- **Planification** : Identifier les actions à entreprendre afin d'atteindre la situation désirée
 - Définition de la situation désirée en matière de numérisation des pratiques d'exploitation et de gestion immobilière chez Ivanhoé Cambridge dans le cadre du processus de diagnostic
 - Identification et priorisation des actions à entreprendre pour atteindre la situation désirée
 - Accompagnement dans le développement de la stratégie de numérisation





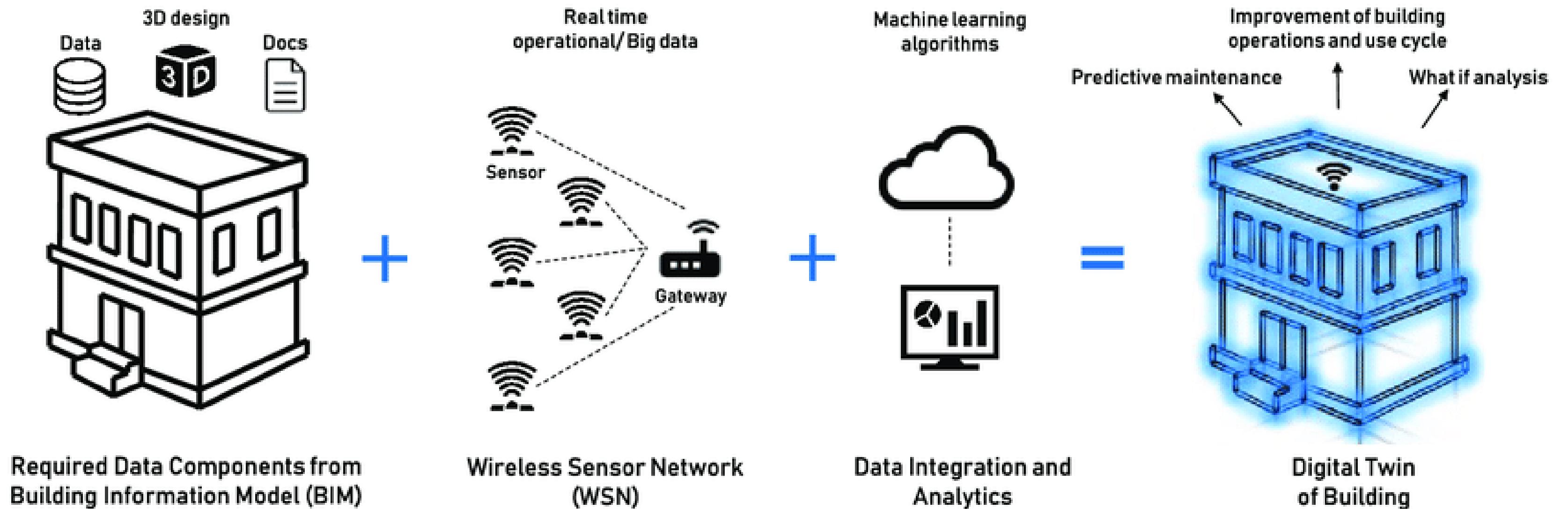
Source: Microdesk



Source: CityZenith

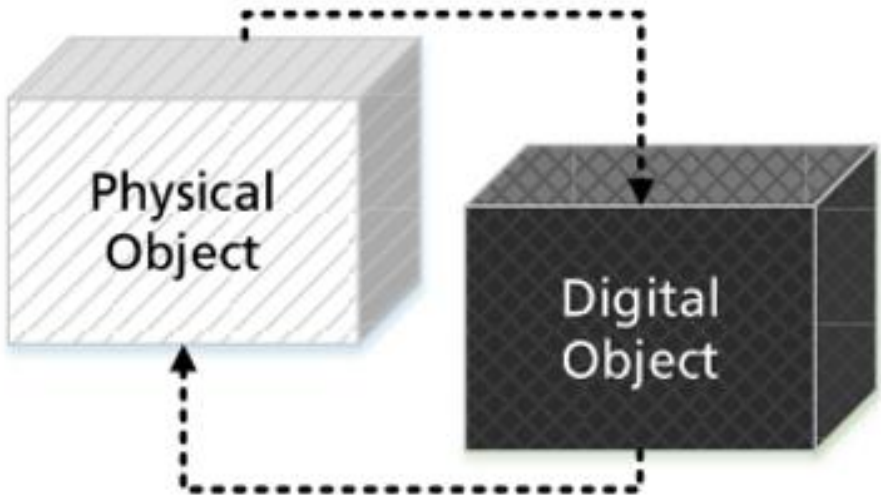


Source: Autodesk

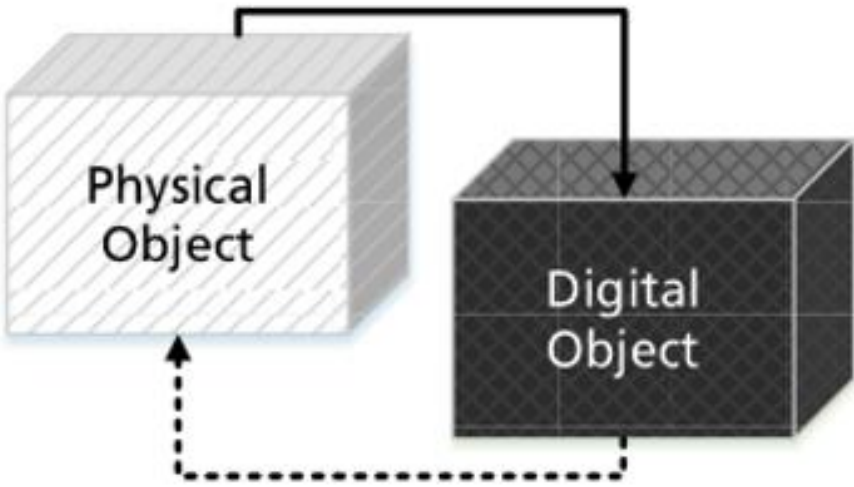


S.H. Khajavi, N.H. Motlagh, A. Jaribion, L.C. Werner, J. Holmström, Digital Twin: Vision, Benefits, Boundaries, and Creation for Buildings, IEEE Access. 7 (2019) 147406-147419. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946515>.

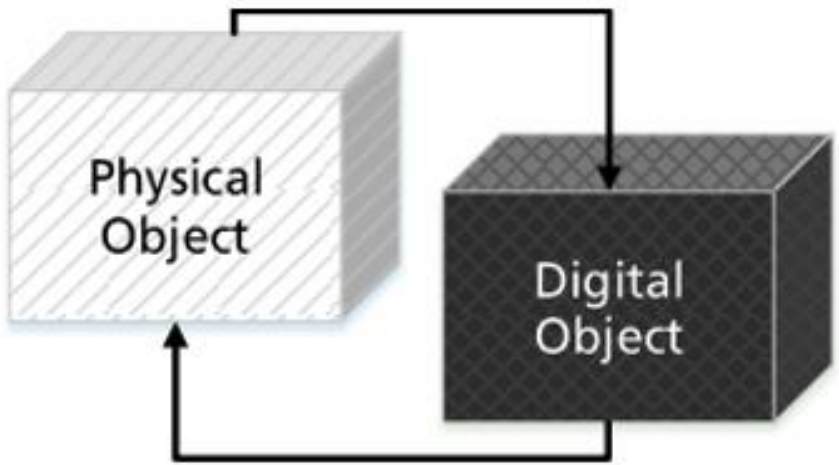
DM - DS - DT



Digital Model



Digital Shadow



Digital Twin

-----> Manual Data Flow
—————> Automatic Data Flow

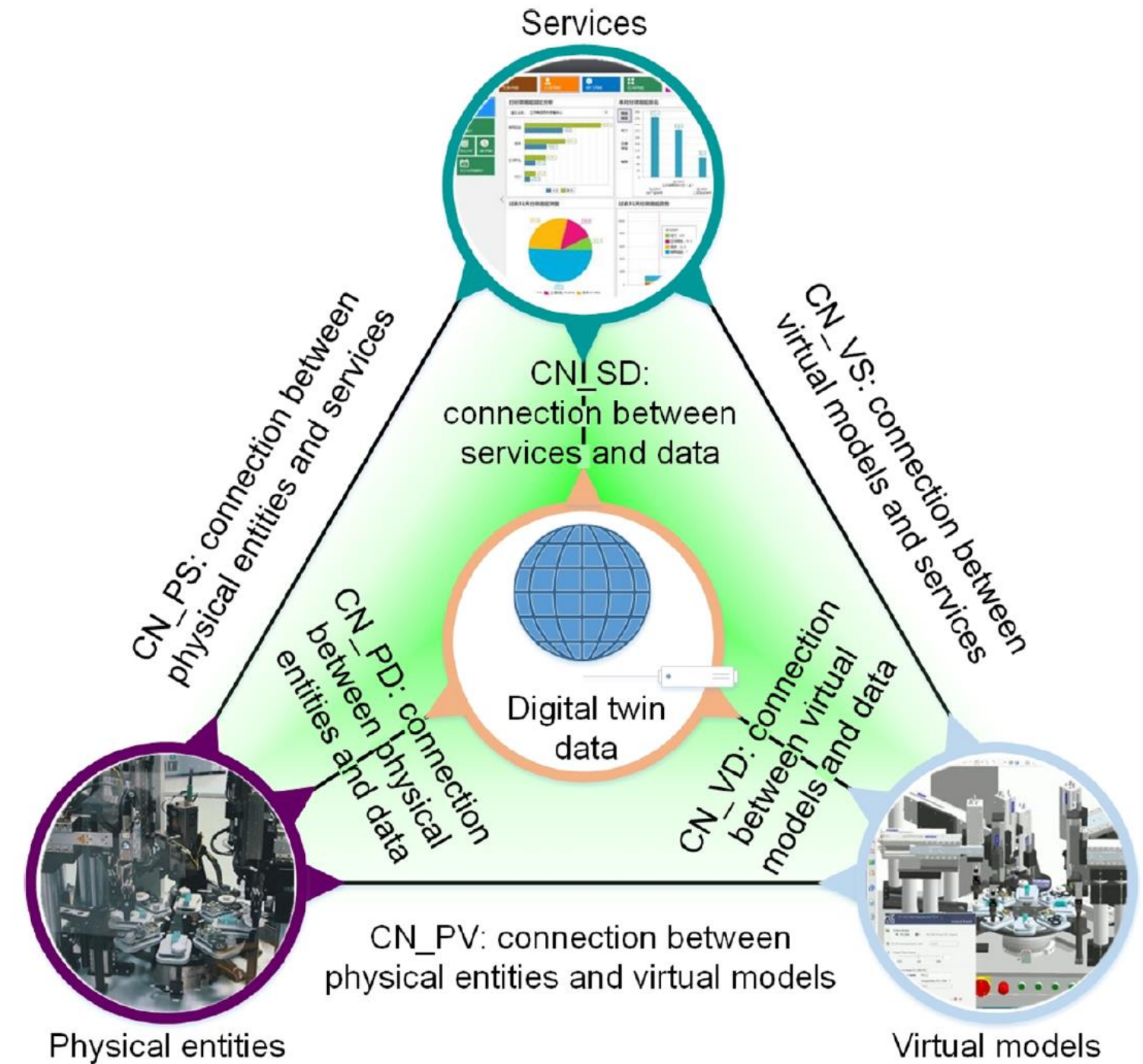
W. Kritzinger, M. Karner, G. Traar, J. Henjes, W. Sihn, Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification, IFAC-PapersOnLine. 51 (2018) 1016-1022. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>.

Digital twin

A digital twin is a virtual representation of real-world entities and processes, synchronized at a specified frequency and fidelity.

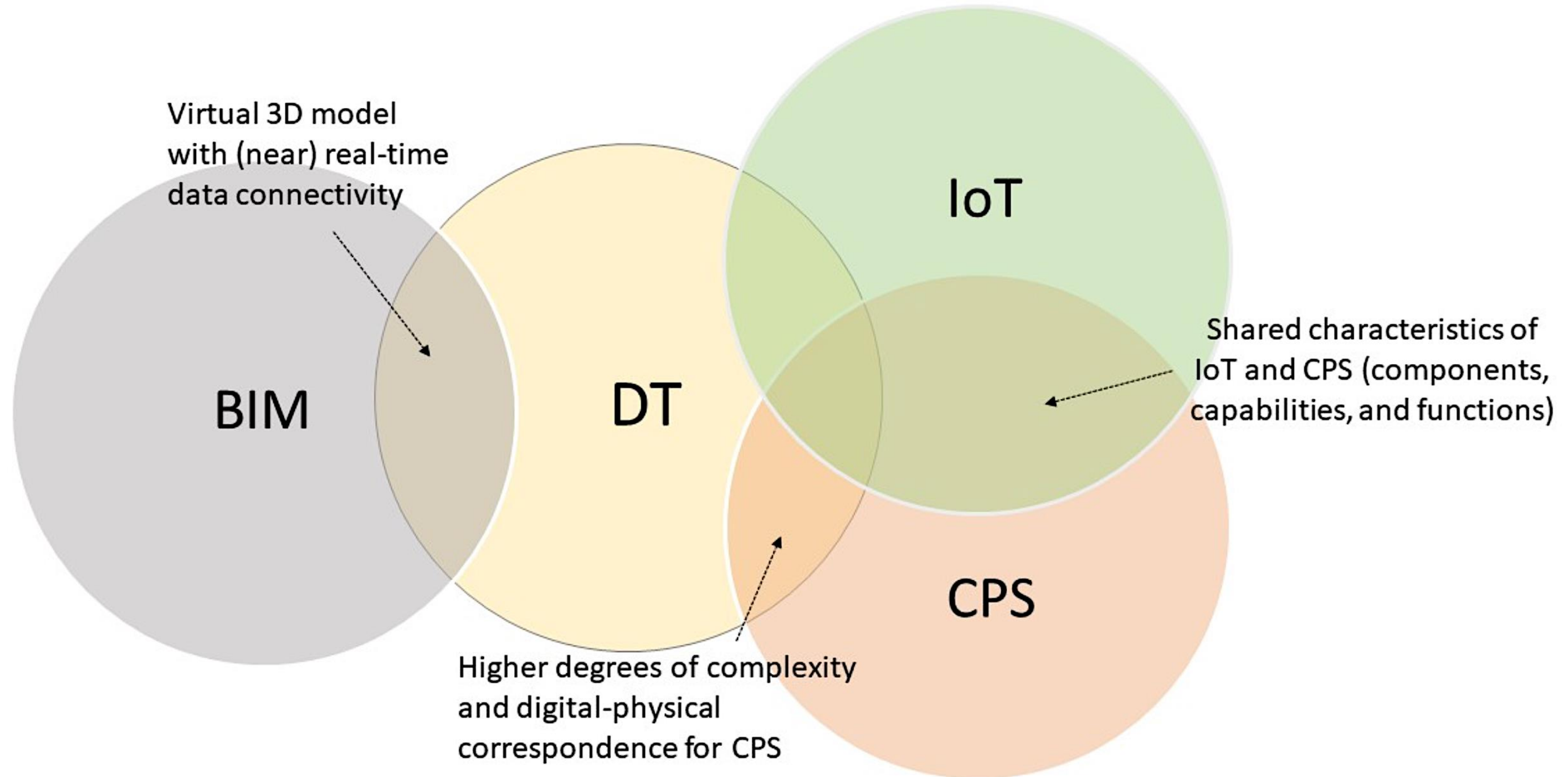
- Digital twin systems transform business by accelerating holistic understanding, optimal decision-making, and effective action.
- Digital twins use real-time and historical data to represent the past and present and simulate predicted futures.
- Digital twins are motivated by outcomes, tailored to use cases, powered by integration, built on data, guided by domain knowledge, and implemented in IT/OT systems.

Digital Twin Consortium (2020)



Qi, Q., Tao, F., Hu, T., Anwer, N., Liu, A., Wei, Y., Wang, L., & Nee, A. Y. C. (2021). Enabling technologies and tools for digital twin. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 3-21. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.10.001>

Concepts complémentaires



Davari, Saman., Shahinmoghadam, Mehrzad., Motamedi, Ali., Poirier, Erik. (2022). Demystifying the Definition of Digital Twin for Built Environment, *The 9th International Conference on Construction Engineering and Project Management (ICCEPM 2022)*, Jun. 20-23, 2022, Las Vegas, NV, USA, pp. 1122-1129.

Architecture

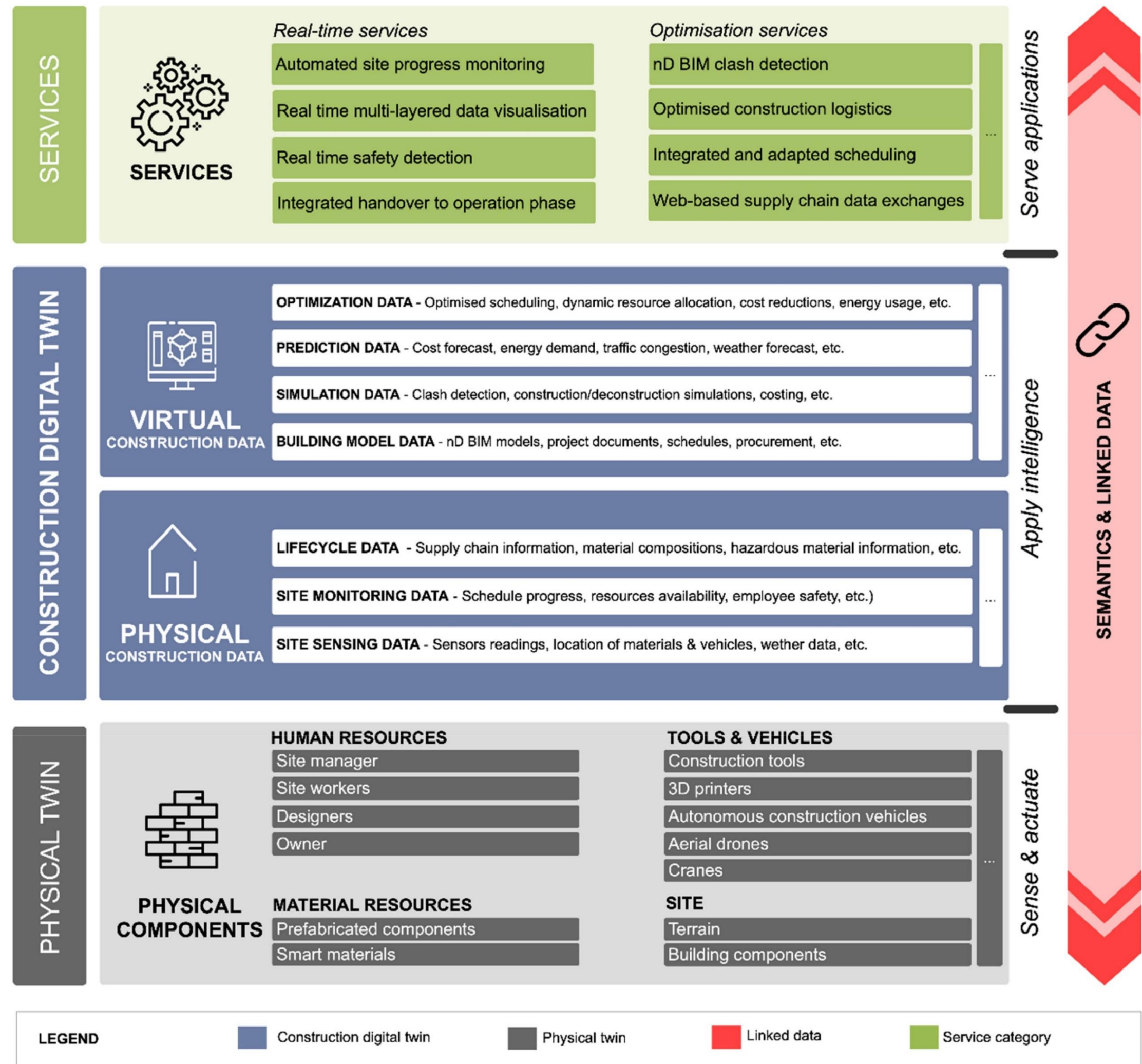
Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction*, 114, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179>

F. Tao, J. Cheng, Q. Qi, M. Zhang, H. Zhang, F. Sui Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 94 (2018), pp. 3563-3576, [10.1007/s00170-017-0233-1](https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1)



GRIDD

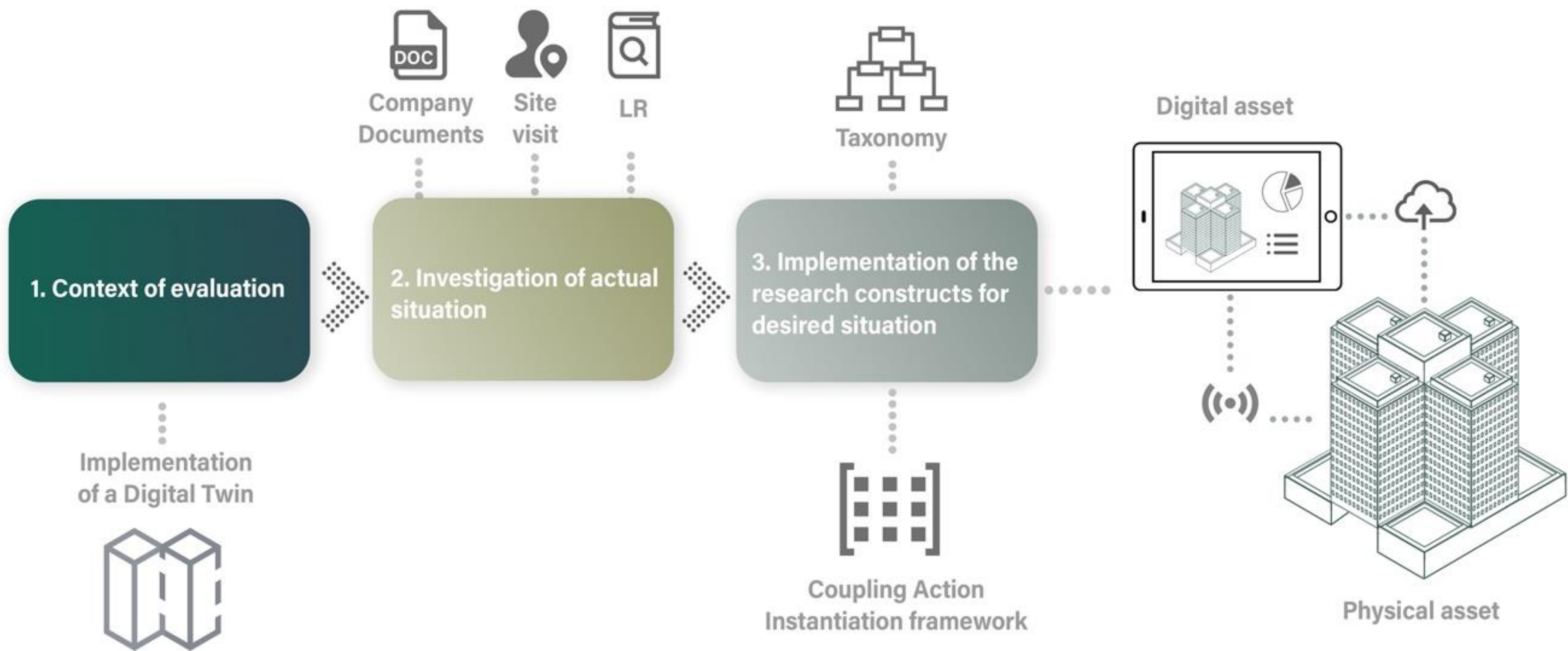
GRUPE DE RECHERCHE
EN INTÉGRATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE
EN ENVIRONNEMENT BÂTI



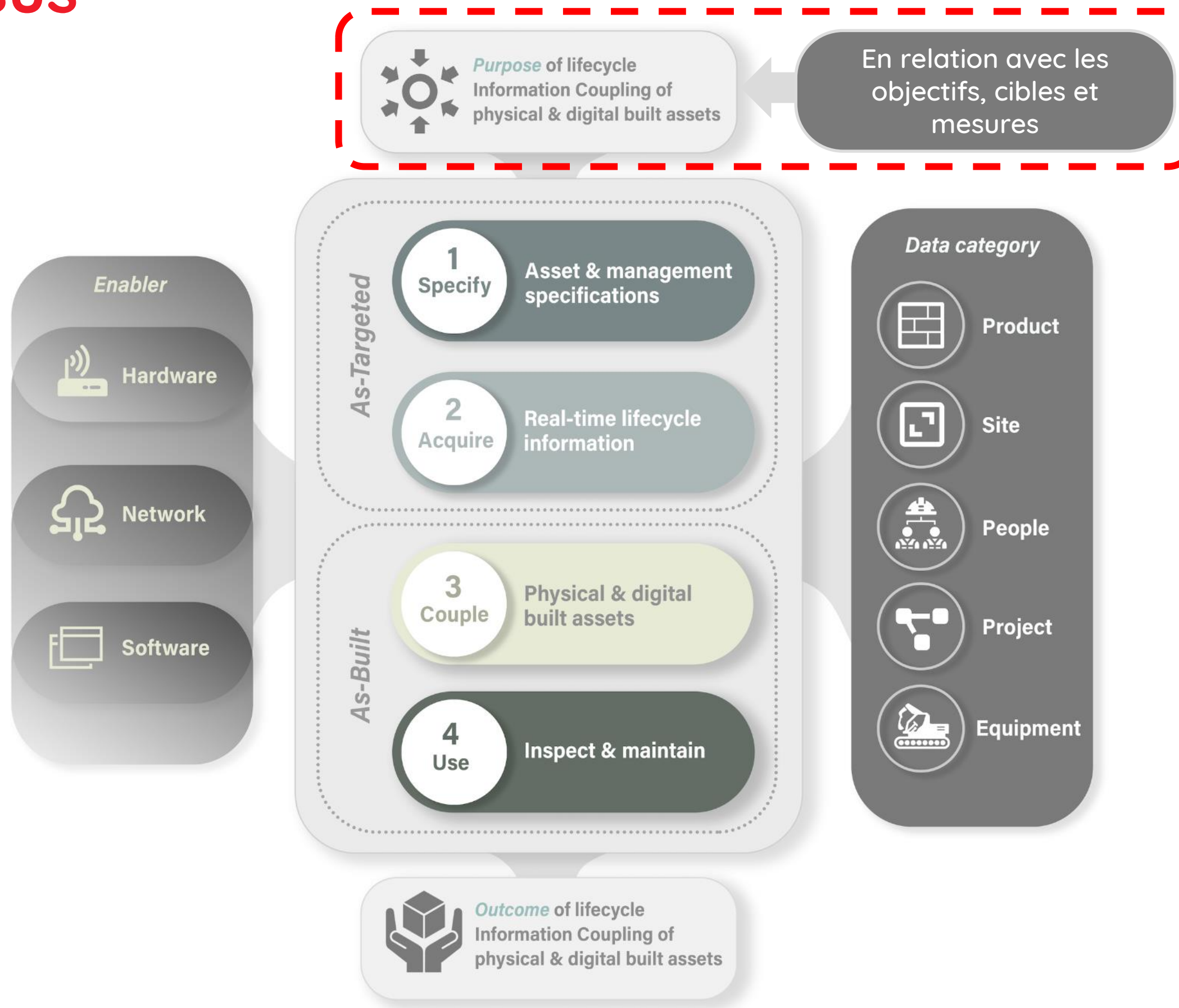
Les défis de l'adoption des jumeaux numériques

- **Problèmes culturels**
 - Manque de collaboration
 - Manque d'appétit pour le changement
 - Adoption lente des nouvelles technologies
- **Retour sur investissement**
 - Analyse de rentabilité peu claire (qui en profite ?)
- **Directives, règlements et politiques**
 - Aucun cadre réglementaire pour les DT au Canada
 - Domaine naissant = manque d'orientation et de normes
- **Problèmes de sécurité et de confidentialité**
 - Propriété des données (encore une fois)
 - Considérations éthiques
 - Implications juridiques
- **Problèmes technologiques**
 - Absence d'infrastructure informatique robuste
- **Disponibilité des données**
 - Manque de modèles haute-fidélité
 - Défis liés à la collecte de données d'un point de vue technologique, procédural et organisationnel
- **Qualité des données**
- **Intégration des données**
 - Exacerbé par les barrières organisationnelles (contrats et propriété des données)
 - Absence de cadre robuste d'intégration des données (BIM-GIS-IoT-etc.)
 - Hétérogénéité des systèmes de données sources

Sources multiples



Processus



(Davari, 2022)

Domaine
+ Unité
d'affaire

Ligne de
service +
service

BUTS

Objectifs +
Cas d'usage

Domaine d'affaires	Unité d'affaires	Domaine de service	Service	Planification	Surveillance	Conformité	Analyse	Simulation	Automatisation
Projets d'investissement									
Engagement de la communauté et des parties prenantes									
Environnement et développement durable									
Installations									
Santé et bien-être									
Expérience humaine	Services				Objectifs + Cas d'usages				
Innovations									
Mobilité et transport									
Immobilier									
Sécurité									
Opérations sur le lieu de travail									
Réservation du lieu de travail									

Services

Objectifs +
Cas d'usages

		Planning	Simulation	Realtime Monitoring	Analysis-insight	Optimization	Prediction	Automation	Compliance
Health and safety	Evacuation	1	1	3	3	1	1		1
	Signaling	1	1	3		1		4	1
	Hazard	1		3	1	1	3		1
	Incident		1	3	3		3		
	Fire risk register								1
	Asbestos control	1		3	1				1
	Emergency	1	1	3					
Real Estate Mgmt.	Portfolio planning	1			1				
	Site selection	1	1		1	1			
	Transactions								
	Lease administration	1			1	1			?
	Lease accounting	1			1				
	Tenant tracking				1				
	Payment processing								
Capital projects Mgmt.	Program and scope	1			1	1			
	Procurement	3		3	3		3		
	Cost (control and estimation)	1	3	3	3		3		
	Vendor engagement	1			3	3			
	Schedule	1	1	3	3	3	3	3	
	Resource	3		3	3	3	3	3	
	Permit								
Facilities Mgmt.	Plans and Drawings							3	
	Space	1	1	3	1	1	3		1
	Move and relocation	1			1	1			1
	Chargebacks - FCA	1		3	3		3		
	Space requests	1							
	Strategic planning	1							
	Space forecasting	1			3		1		
Workplace reservation Mgmt.	Reserve meeting rooms	1		3	3	1	1		
	Hoteling	1	1	3	3	1	3		1
	Reserve equipment			3					
	Reserve vehicle								
	Catering								
	Visitor			3					
	Room setups	1	1	3		1			1
Workplace operations - Assets	Maintenance	Corrective and emergency	1		3	3	3	4	3
		preventive-inspection-sched	1		3	3	1	4	3
		predictive and condition-ba	3	3	3	3	3	3	4
	Vendor	1			1				
	Warranty	1			3	3			1
	Security/access/key	1		3	3	3		4	1
	Inventory and material	1		3	1		3	3	
	Logistics and supply	1		3	3	3	3		?
	Cleaning and painting	1		3	3	1	3		3
	Resource planning	1			1	1	1		
	Navigation and signaling	1	1	3	1	1	1	4	1
	HVAC controls	3	3	3	3	3	3	4	3
	Service and SLA			3	3		3		3
	Performance	1	3	3	3	3	3	4	3
	Asset health	3	3	3	3	3	3		3
	Asset condition Monitoring and IoT	3		3	3	3		4	3
	Occupancy	1	3	3	3	1	3		3
	Structural Health	3	3	3	3		3		3
	Decommissioning and EoL	1	1	3		1			1
	Health and wellness	Occupant comfort	thermal	3	3	3	3	3	4
visual and lighting			3	3	3	3	3	4	3
air quality			3	3	3	3	3	4	3
acoustic			3	3	3	3	3	4	3
Energy Mgmt	Consumption	3	3	3	3	3	4	3	
	Energy optimization	3	3	3	3		3	3	
Environemnt and Sustainability Mgmt.	CO2 emission reduction	1	3	3	3		3	3	
	Utility tracking			3	3		3	3	
	Waste disposal	1		3				1	
	LEED/BREEAM certification	1	3	3	3		3	3	
	Energy star integration								
	Greening								
Sustainability									

Intensité de la modélisation et du couplage

BIM	Updated Digital Model (with exact geometry and data attributes)	1
	Shared Model Collaboration (multistakeholder cloud based collab	2
DT	DS (Live data of sensors + BIM) - Linked data (BIM+BMS/BAS etc.)	3
	Full twin (Two-way communication between the model and sens	4

Objectifs, cibles et mesures



Inclusivité



Développement durable



innovation



Service à la clientèle



mobilisation

Nos objectifs

Notre vision

Créer un impact environnemental et social positif et durable dans les communautés où nous investissons, et être reconnus en tant que leader en RSE dans l'industrie immobilière.

Environnement

Améliorer l'efficacité et la résilience de nos actifs en vue d'avoir un portefeuille net-zéro carbone.

Social

Avoir un impact significatif et durable sur les communautés où nous sommes présents afin d'améliorer la qualité de vie dans et autour de nos propriétés.

Gouvernance

Instaurer des pratiques exemplaires en matière de gouvernance d'entreprise et intégrer d'avantage la RSE dans nos processus d'affaires.

Objectifs

• IC Corporatif :

GES

Réduction des émissions de GES de 35% d'ici 2025
Carboneutralité 2040

GMR

Taux de détournement de 50% pour 2022 - PVM
Taux de détournement de 63% pour 2022 - EJP

• IC Bureaux :

Énergie

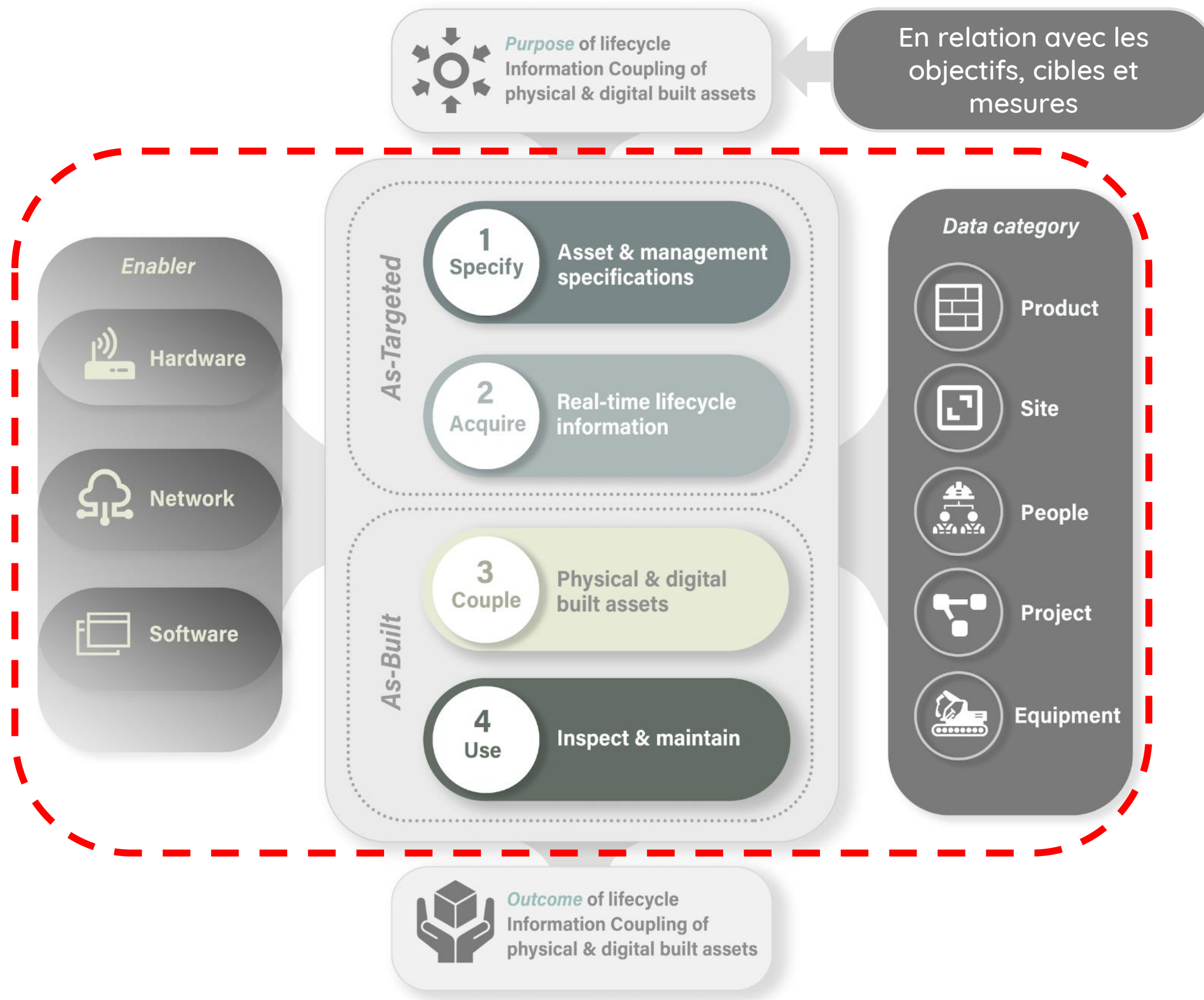
2.2% de réduction énergétique annuel
1^{er} sept 2024 = 3% de réduction énergétique
(Contrat d'exploitation Engie)
DEI -% maximal de réduction énergétique et de GES

		Planning	Simulation	Realtime Monitoring	Analysis-insight	Optimization	Prediction	Automation	Compliance	
Health and safety	Evacuation	1	1	3	3	1	1		1	
	Sigra / I ngg	1	1	3		1		4	1	
	Hazard	1		3	1	1	3		1	
	Incident		1	3	3		3			
	Fire risk register								1	
	Asbestos control	1		3	1				1	
	Emergency	1	1	3						
Real Estate Mgmt.	Rent / I ngg	1			1					
	Sites selection	1	1		1	1				
	Transactions									
	Lease administration	1			1	1			?	
	Lease accounting	1			1					
	Tenant tracking				1					
Capital projects Mgmt.	Payment processes									
	Program and scope	1			1	1				
	Procurement	3		3	3		3			
	Cost (controlling and estimation)	1	3	3	3		3			
	Vendor management	1			3	3				
	Schedule	1	1	3	3	3	3	3		
	Resource	3		3	3	3	3	3		
Facilities Mgmt.	Permit									
	Plans and drawings							3		
	Space	1	1	3	1	1	3		1	
	Work order creation	1			1	1			1	
	Change orders - FEBA	1		3	3		3			
	Space requests	1								
Workplace reservation Mgmt.	Site / I ngg	1								
	Space booking	1			3		1			
	Resource booking	1			3	1	1			
	Hotel / I ngg	1	1	3	3	1	3		1	
	Resource equipment			3						
	Resource booking			0						
	Calendar									
Workplace operations - Assets	Visitor			3						
	Room setups	1	1	3		1			1	
	Maintenance	Corrective and emergency	1		3	3	3	4	3	
		Preventive and scheduled	1		3	3	1	4	3	
		Predictive and data based	3	3	3	3	3	4	3	
	Vendor	1			1					
	Warranty	1			3	3			1	
	Security / Access / Key	1		3	3	3	4	1		
	Inventory and materials	1		3	1		3			
	Logistics and supply	1		3	3	3		?		
	Cleaning and painting	1		3	3	1	3		3	
	Resource planning	1			1	1	1			
	Navigation and signage	1	1	3	1	1	1	4	1	
	HVAC controls	3	3	3	3	3	3	4	3	
	Service and SDA			3	3		3		3	
	Performance	1	3	3	3	3	3	4	3	
	Asset health	3	3	3	3	3	3		3	
	Asset condition / Monitoring and IoT	3		3	3	3		4	3	
	Occupancy	1	3	3	3	1	3		3	
	Structural Health	3	3	3	3		3		3	
Decommissioning and EOL	1	1	3		1			1		
Health and wellness	Thermal	3	3	3	3	3	3	4	3	
	Occupant comfort	3	3	3	3	3	3	4	3	
	Air quality	3	3	3	3	3	3	4	3	
Energy Mgmt.	Acoustic									
	Consumption	3	3	3	3	3	3	4	3	
	Energy optimization	3	3	3	3		3		3	
Environment and Sustainability Mgmt.	CO2 emissions	1	3	3	3	3	3	4	3	
	Utility tracking				3	3			3	
	Waste disposal	1			3				1	
	LEED / BREEAM certification	1	3	3	3		3	3	3	
	Energy sustainability integration		0	3	5	5	5	5	5	
Greening		5	5	1	3	3	3	1		
Sustainability		5	5	5	5	5	5	5		

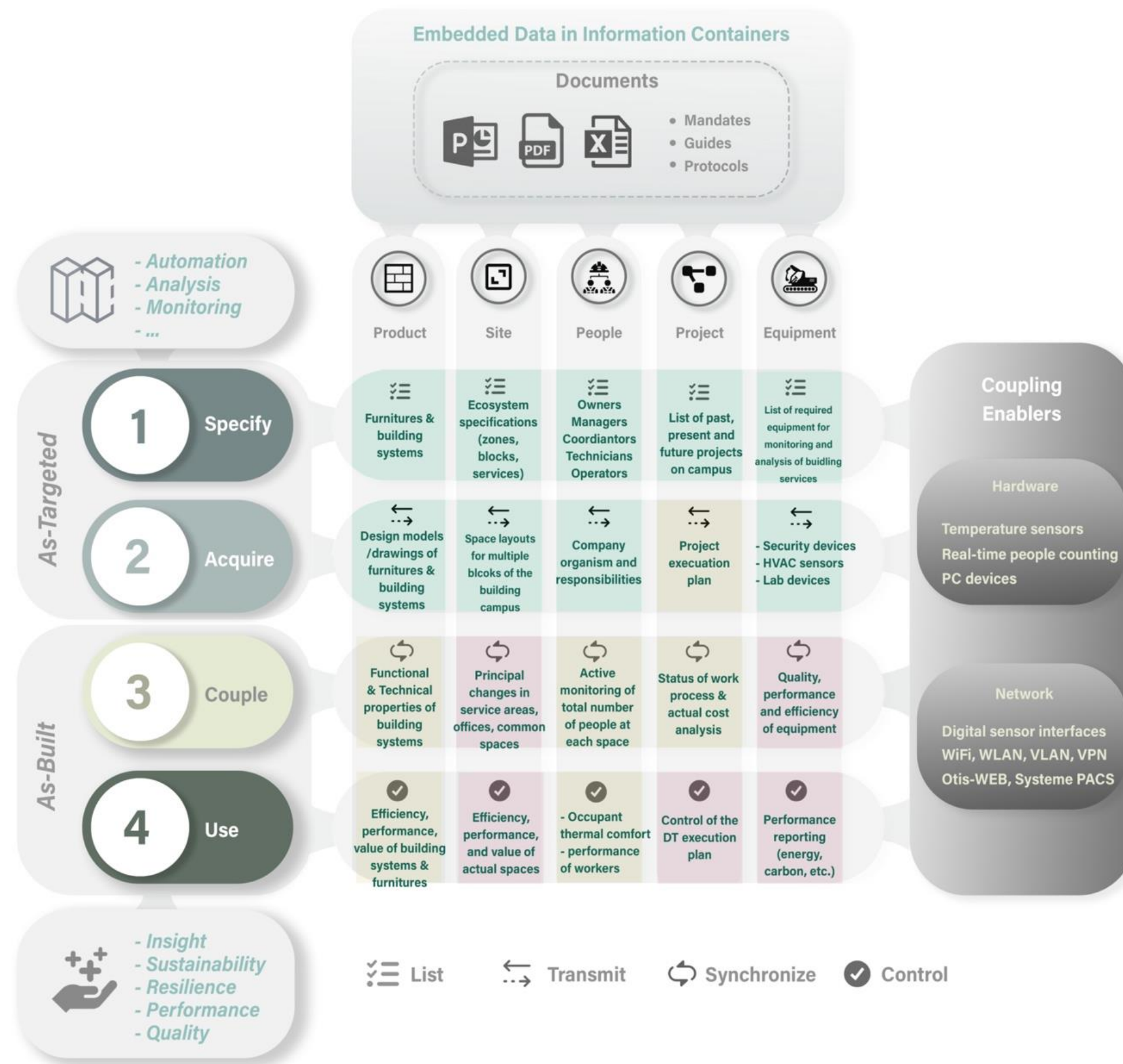
Intensité d'objectif
et de l'opération et du
couplage

BIM	Updated Digital Model (with exact geometry and data attributes)	1
	Shared Model Collaboration (multistakeholder cloud based collab)	2
DT	DS (Live data of sensors + BIM) - Linked data (BIM+BMS/BAS etc.)	3
	Full twin (Two-way communication between the model and sensors)	4

Processus



(Davari, 2022)



- Automation
 - Analysis
 - Monitoring
 - ...

As-Targeted

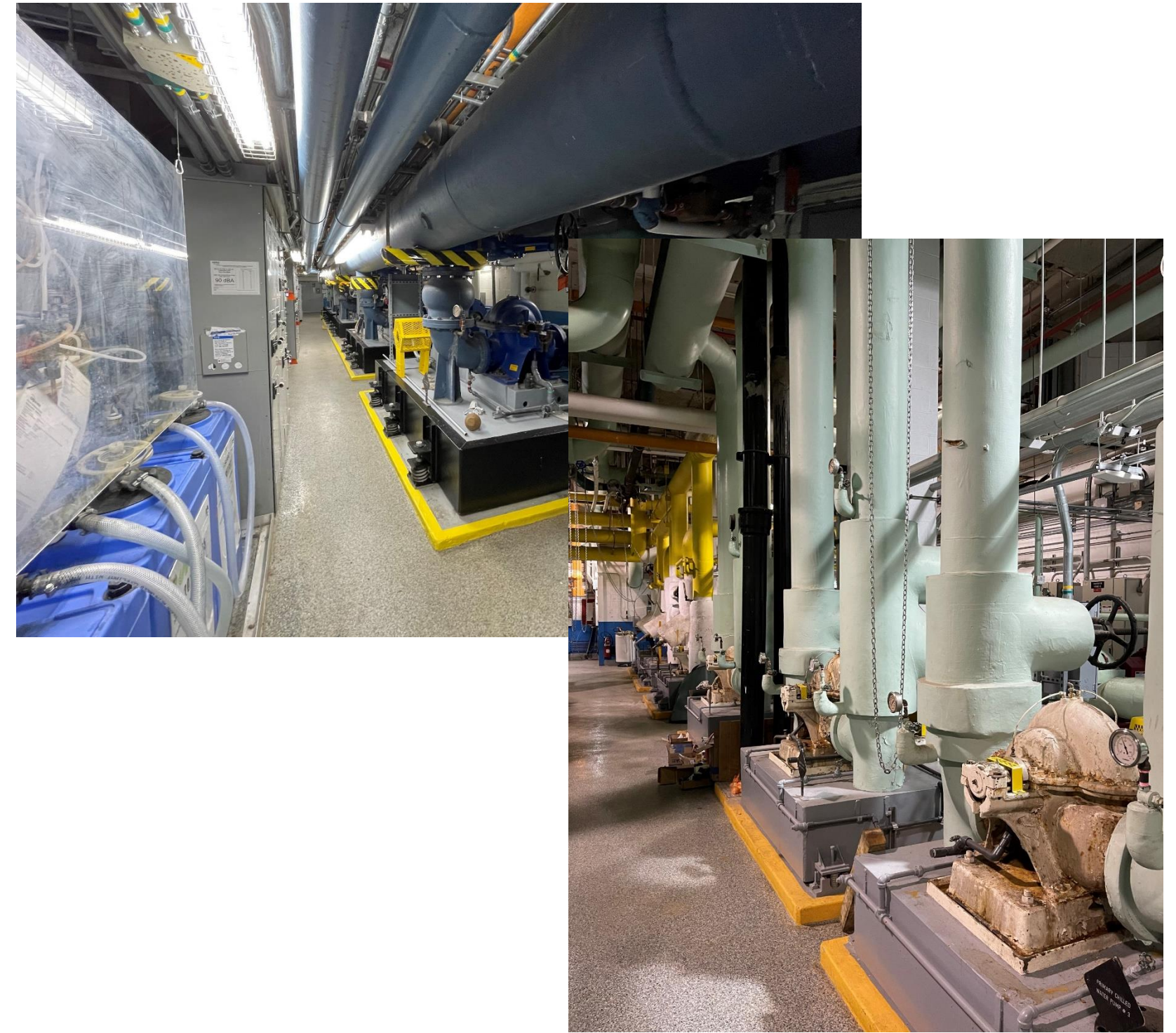
As-Built

- Insight
 - Sustainability
 - Resilience
 - Performance
 - Quality

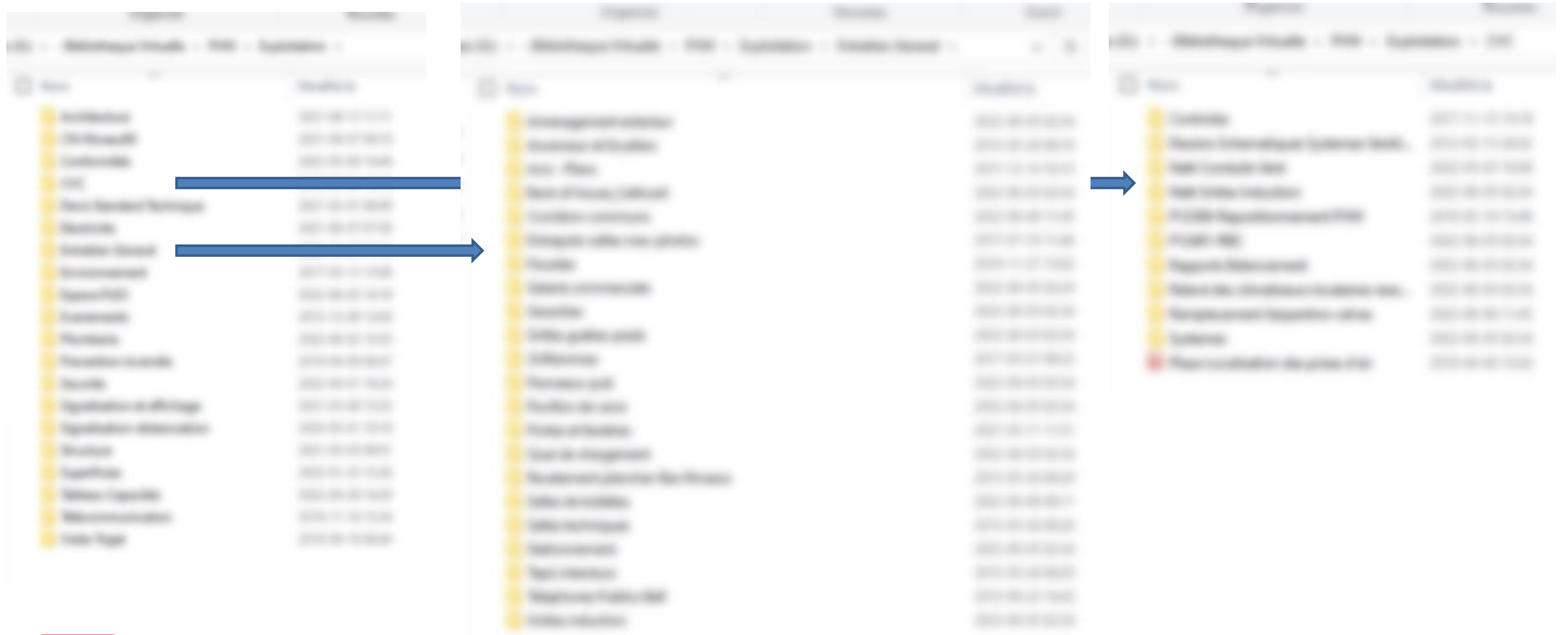
Sources: Documents

Titre	Date	Auteur
Lignes Directrices - Approvisionnement Responsable	2015-08-28	Ivanhoé Cambridge
Votre bâtiment: Guide sur la tenue du registre d'inspection	2019-09-20	Régie du bâtiment du Québec
Rapport de vérification finale de BOMA Best	2019-10-10	Pageau Morel et associés
Final Review Report - Complexe Place Ville Marie	2020-01-28	Green Business certification
EJP - Analyse - Requis d'affaire	2020-10-24	Ivanhoé Cambridge (Consultant externe)
Des choix pour l'avenir – Notre feuille de route vers la carbo-neutralité en 2040	2021-04-20	Ivanhoé Cambridge
Place ville Marie - PVM	2021-04-30	Ivanhoé Cambridge
PVM - Audit de sécurité Infrastructures de bâtiment	2021-10-05	Ivanhoé Cambridge
PVM - Audit de sécurité Infrastructures de bâtiment - Chiffrier	2021-10-05	Ivanhoé Cambridge
Plan Développement Durable 2022 - 2025	2021-10-19	Ivanhoé Cambridge
Loi 122 - Inspections façades et stationnement	2022-01-27	Ivanhoé Cambridge
Planification stratégique - Planifier notre futur...Bureaux Québec IC	2022-03-14	Ivanhoé Cambridge
Organigramme Services Techniques	2022-04-04	Ivanhoé Cambridge
Organigramme - Place ville Marie	2022-05-02	Ivanhoé Cambridge
Ivanhoé Cambridge – Decarbonation Plan	2022-06-08	Equans
Tableau de travail TGR_RBQ	2022-10-14	Ivanhoé Cambridge
Guide sur la classification des immeubles de bureaux	s.d.	BOMA Québec

Sources : Observations



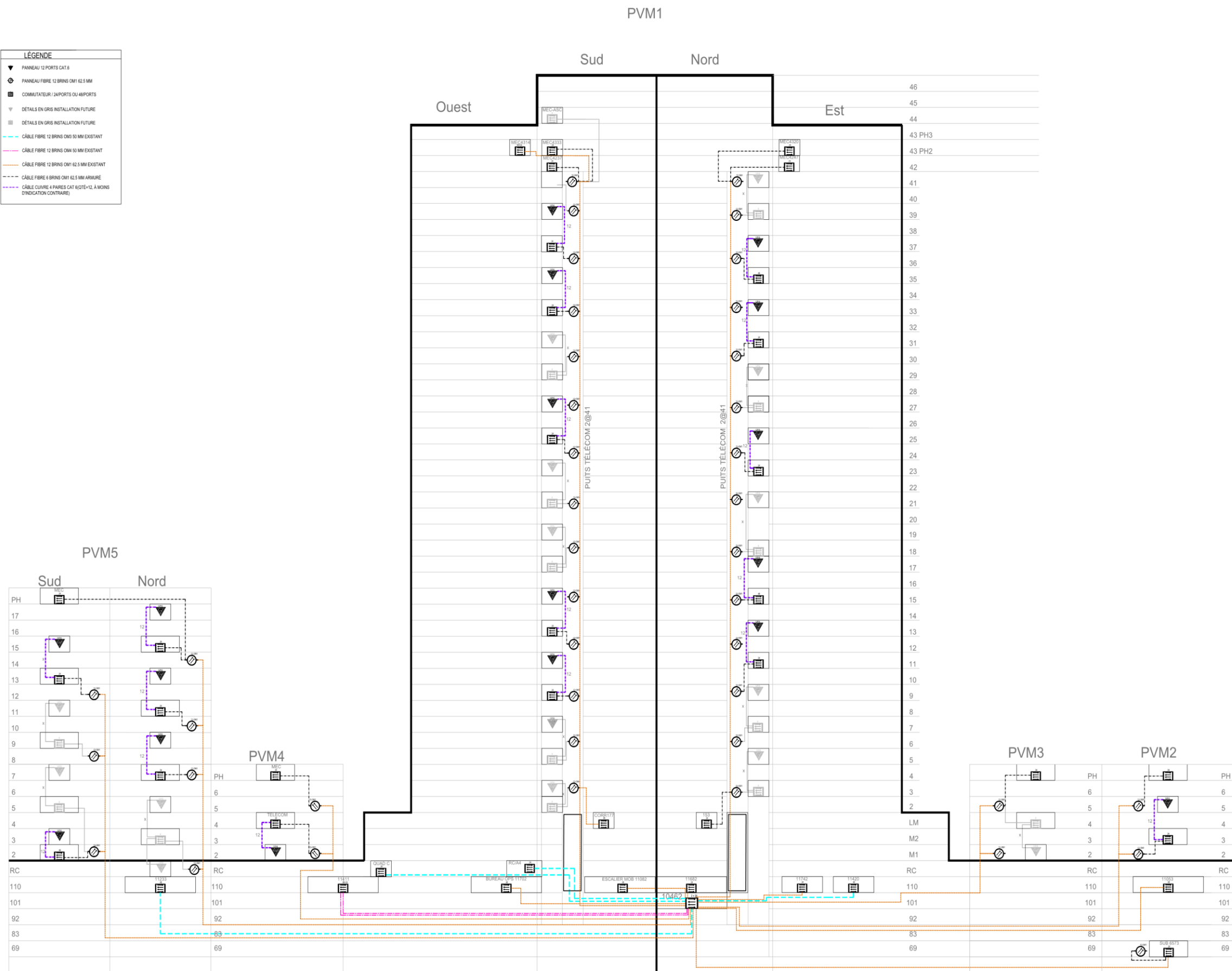
Processus d'affaire et usages d'information



Ressources

LÉGENDE

- ▼ PANNEAU 12 PORTS CAT 6
- PANNEAU FIBRE 12 BRINS OM1 62.5 MM
- COMBINAISON 2 PORTS OU 48 PORTS
- ▽ DÉTAILS EN GRIS INSTALLATION FUTURE
- ▢ DÉTAILS EN GRIS INSTALLATION FUTURE
- CÂBLE FIBRE 12 BRINS OM3 50 MM EXISTANT
- CÂBLE FIBRE 12 BRINS OM4 50 MM EXISTANT
- CÂBLE FIBRE 12 BRINS OM1 62.5 MM EXISTANT
- CÂBLE FIBRE 6 BRINS OM1 62.5 MM ARMURE
- CÂBLE CLASSE 4 Paires CAT 6/7E-12 À MOINS (INDICATION CONTRAIRE)



Prochaines étapes

- Pilotage du JN dans l'espace flex de la PVM



Source: Ivanhoé Cambridge

Questions

