



Modélisation des INformations INteropérables  
pour les INfrastructures Durables

## GT6.2

# Plateformes collaboratives et collaboration de plateformes

### Auteurs / Organismes

Christian GIRAUD (CGD Conseil / Eurostep)

Christian GROBOST (Egis)

Hervé HALBOUT (HALBOUT Consultants)

Dominique MORIN (BRGM)

François ROBIDA (BRGM)

Brigitte RONCOLATO (Egis)

### Relecteur / Organisme

Sylvain GUILLOTEAU (ANDRA)

Thème de rattachement : Création des données

MINnDs2\_GT6.2\_plateformes\_collaboratives\_definition\_concepts\_03I\_2023  
LC/21/MINNDs2/077-078-079-080-081-082-083-084-181-182-183-184-185  
Janvier 2023

Site internet : [www.minnd.fr](http://www.minnd.fr)

Président : François ROBIDA Chefs de Projet : Pierre BENNING / Vincent KELLER

Gestion administrative et financière : IREX ([www.irex.asso.fr](http://www.irex.asso.fr)), 9 rue de Berri 75008 PARIS, [contact@irex.asso.fr](mailto:contact@irex.asso.fr)

# RÉSUMÉ / ABSTRACT

## Résumé

Différentes définitions existent dans la littérature concernant la notion de plateforme collaborative. Leur point commun est la notion d'espace de travail et la notion de travail collaboratif. Mais ces concepts sont interprétés de façons très différentes suivant les acteurs qui l'utilisent.

La plateforme collaborative étant le lieu qui permet un travail collaboratif autour d'un projet, le concept de collaboration de plateformes pourra être compris comme les moyens de collaboration entre différents projets. Cette collaboration se fait par une gestion avancée des Environnements Communs de Données (CDE) des différents projets amenés à collaborer.

L'objet de ce document est donc principalement de définir la vision d'une architecture numérique comme support des jumeaux numériques et s'appuyant sur une gestion avancée des Environnement Communs de Données.

Ce document est découpé en 5 parties :

- Les organisations humaines, la collaboration autour de projets.
- La révolution numérique et la gestion de la donnée numérique.
- Une proposition d'architecture numérique, spécifiant les concepts de plateforme collaborative, de services avancés de stockage de données, d'outils métier et d'implémentation du CDE sous la forme d'un agent générique universel pour tout type de projet.
- Un benchmark des plateformes et outils actuels
- En conclusion, les propositions du Groupe de Travail 6-2 pour progresser rapidement vers des pratiques plus collaboratives.

## Abstract

Different definitions exist in the literature concerning the notion of collaborative platform. Their common point is the notion of workspace and the notion of collaborative work. But these concepts are interpreted in very different ways depending on the actors who use it.

The collaborative platform being the place that allows collaborative work around a project, the concept of platform collaboration can be understood as the means of collaboration between different projects. This collaboration is achieved through advanced management of the Common Data Environments (CDE) of the different projects that are brought together.

The purpose of this document is therefore mainly to define the vision of a digital architecture as a support for digital twins and based on an advanced management of Common Data Environments.

This document is divided into 5 parts:

- Human organisations, collaboration around projects.
- The digital revolution and the management of digital data.
- A proposal for a digital architecture, specifying the concepts of a collaborative platform, advanced data storage services, business tools and the implementation of the CDE in the form of a universal generic agent for any type of project.
- A benchmark of current platforms and tools
- In conclusion, the proposals of WG6-2 for rapid progress towards more collaborative practices.

# AVERTISSEMENT LIMINAIRE

## Images illustratives

Les nombreuses illustrations qui parsèment ce livrable sont issues, pour la plupart, de banques d'images libres de droits.

## Schémas conceptuels

Les images suivantes sont des productions directes du Groupe de Travail de MINnD et lui sont attribuables. Leur réutilisation peut se faire sous licence Creative Commons de type CC BY-SA (sous réserve de validation par MINnD) :

- Concept d'agent CDE : p. 6
- Liens entre exigences, processus et gestion de l'information : p. 32
- DSaaS (Data Storage as a Service) : p. 39
- Agent CDE par projet : p. 39
- Architecture protocoles web : p. 40
- Architecture protocoles de services W3C : p. 40
- Détail de transactions avec l'agent CDE : p. 42
- Contrôle d'une demande de lecture d'information : p. 42
- Contrôle d'une demande de partage d'informations : p. 42
- Rôles et responsabilités : p. 45
- Fonctionnalités majeures : p. 48
- Rôle de la plateforme de DSaaS : p. 51
- Diagramme d'un projet standard : p. 54
- Espace de référence (concept) : p. 62
- Espace de référence (avec projets) : p. 63

## Images de références

Les images suivantes ont été élaborées par le Groupe de Travail, à partir de certaines images par ailleurs sous licence :

- Familles de services dans les jumeaux numériques : p. 6
- Contexte des NSM : p. 29
- BIM et cycle de vie des ouvrages : p. 30
- Modèle d'informations : p. 31
- Contexte des standards : p. 36
- Architecture numérique, briques fondamentales : p. 36

## Mots clés principaux (Fra)

MINnD ; Recherche ; Construction ; Infrastructures ; BIM ; Maquette numérique ;

## Mots clés spécifiques au livrable (Fra)

Données ; Plateforme ; Collaboration ; Partage ; Gestion ; Échange ; Stockage

## Main key words (Eng)

MINnD; Research; Construction; Infrastructure; BIM; Digital model;

## Deliverable key words (Eng)

Data; Platform; Collaboration; Sharing; Management; Exchange; Storage

# Sommaire

<b>RÉSUMÉ / ABSTRACT .....</b>	<b>1</b>
Résumé .....	1
Abstract.....	1
<b>AVERTISSEMENT LIMINAIRE .....</b>	<b>2</b>
Images illustratives.....	2
Schémas conceptuels .....	2
Images de références .....	2
Mots clés principaux (Fra).....	2
Mots clés spécifiques au livrable (Fra) .....	2
Main key words (Eng).....	2
Deliverable key words (Eng) .....	2
<b>I. OBJET .....</b>	<b>5</b>
Objectifs.....	5
Contenu du document.....	6
<b>2. ORGANISATIONS HUMAINES, COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Introduction.....</b>	<b>8</b>
Dimensions de la collaboration .....	8
<b>2.2 Historique.....</b>	<b>8</b>
Collaboration et organisation du travail .....	8
<b>2.3 Pratiques collaboratives et retours d'expériences .....</b>	<b>14</b>
Pas de nouveauté en soi .....	14
<b>2.4 La collaboration en Europe.....</b>	<b>16</b>
Démarches européennes.....	16
INSPIRE : une Directive européenne fondamentale .....	16
DigiPLACE .....	20
<b>2.5 Quels critères pour une collaboration optimisée.....</b>	<b>21</b>
Travailler ensemble .....	21
<b>3. RÉVOLUTION NUMÉRIQUE ET GESTION DE LA DONNÉE NUMÉRIQUE .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Qu'est-ce que la donnée numérique ? .....</b>	<b>25</b>
Histoire .....	25
<b>3.2 Gestion de la donnée numérique.....</b>	<b>26</b>
Notion de propriété numérique.....	26
Cohérence de la donnée numérique avec la réalité .....	27
Droits d'accès à la donnée numérique .....	27
Stockage et pérennité.....	27
Échange et partage de la donnée numérique .....	28
Utiliser des formats standards ouverts .....	28
Traçabilité des accès.....	28
Moyens d'échanger.....	28
Performance d'accès.....	28
<b>3.3 Les standards.....</b>	<b>29</b>
Standards actuels des systèmes de management/gestion de la donnée numérique.....	29

3.4	<b>BIM et PLM</b> .....	34
	PLM dans l'industrie.....	34
3.5	<b>Quels critères pour une architecture numérique optimale ?</b> .....	35
	Contexte des standards.....	35
4.	<b>DÉTAIL DE L'ARCHITECTURE NUMÉRIQUE PROPOSÉE</b> .....	38
4.1	<b>Principes fondamentaux</b> .....	38
	Trois principes fondamentaux.....	38
4.2	<b>Principes de fonctionnement</b> .....	41
4.3	<b>Espaces de stockage</b> .....	43
	Données stockées.....	43
4.4	<b>Espaces de prises de décision (plateformes collaboratives)</b> .....	46
	Collaboration entre acteurs.....	46
4.5	<b>Outils de manipulation de la donnée et technologies</b> .....	50
	Outils métiers de l'ingénierie .....	50
4.6	<b>Collaboration de plateformes</b> .....	53
	Autour d'un même projet.....	53
5.	<b>BENCHMARK DES PLATEFORMES COLLABORATIVES (DÉBUT 2020)</b> .....	64
	Benchmark des plateformes collaboratives début 2020 .....	64
6.	<b>ROAD MAP</b> .....	66
	<i>Challenges et opportunités</i> .....	66
7.	<b>ANNEXES</b> .....	68
	<b>ANNEXE 1 : Méthodes de modélisation</b> .....	68
	<b>ANNEXE 2 : Évaluation des outils actuels</b> .....	70

# I. OBJET

## Objectifs

L'objectif fixé par MINnD au groupe de travail GT6.2 était de **définir le plus précisément possible le concept de plateforme collaborative et de collaboration de plateformes.**

De nombreuses définitions sont accessibles dans la littérature. Leur point commun est la notion d'**espace de travail** et la notion de **travail collaboratif**.

Mais **ces concepts sont interprétés de façons très différentes selon les acteurs**. Certaines dynamiques se sont mises en place entre les acteurs, qui ne répondent pas toujours aux **exigences normatives** actuelles, ni non plus, aux **objectifs d'ouverture fixés par MINnD**.

Le premier travail du GT6.2 a donc été d'analyser les concepts.

Il est très vite apparu que la définition du concept de plateforme collaborative est étroitement liée à la vision d'une architecture numérique globale intégrant de nombreuses composantes, ainsi qu'au concept de jumeau numérique en tant que fournisseur de services avancés pour les acteurs qui souhaitent collaborer.

## Vision générique

C'est pourquoi le Groupe de Travail 6-2 s'est d'abord attaché à construire **une vision générique d'un environnement numérique** répondant à l'ensemble des exigences. De ce travail sont nées plusieurs propositions :

- instaurer une architecture numérique générique, composée de 3 parties :
  - les plateformes collaboratives,
  - les services avancés de stockage des données,
  - les outils métier.
- mettre en œuvre la collaboration sur la base de 2 briques fondamentales :
  - l'agent CDE, coordinateur virtuel de tout projet
  - le jumeau numérique, comme collection de services avancés

Les technologies informatiques supportant ces 5 parties peuvent être considérées comme de simples supports d'implémentation. Les concepts définissant ces 5 parties ne présument en rien des technologies informatiques qui peuvent les implémenter ; ces concepts sont indépendants des technologies numériques les supportant, pour autant que ces composantes dialoguent et interagissent suivant des standards ouverts.

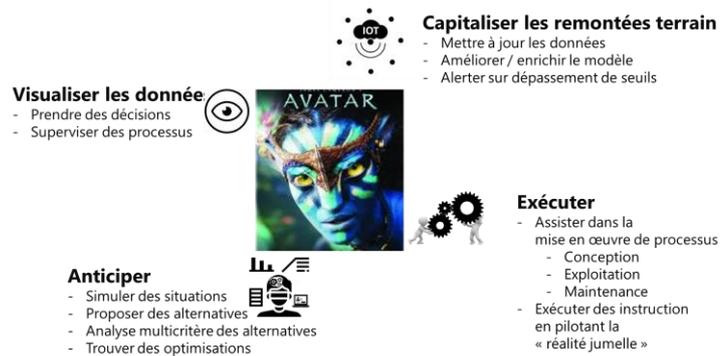
## Collaboration de plateformes

La plateforme collaborative étant le lieu qui permet un travail collaboratif autour d'un projet, **le concept de collaboration de plateformes** pourra être compris comme les moyens de collaboration entre différents projets. Cette collaboration se fait par l'intermédiaire des données et plus particulièrement par une gestion avancée des **Environnements Communs de Données** (CDE) des différents projets amenés à collaborer.

## Jumeau Numérique

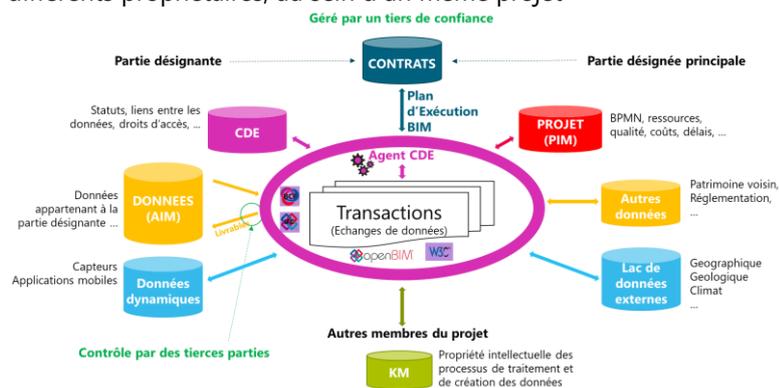
Le concept de **Jumeau Numérique** est compris comme une collection de services avancés fournis par l'architecture numérique au sein d'un environnement commun de données. La figure ci-dessous illustre les grandes familles de services avancés proposés au sein des jumeaux numériques.

## Concept d'agent CDE



Le concept d'**agent CDE** est défini comme un acteur virtuel dont le rôle central va être de faciliter la collaboration des acteurs dans le respect des exigences de l'ISO 19650, c'est à dire :

- de gérer les flux de conteneurs d'informations entre les parties prenantes dans le respect des exigences
- de contrôler tous les accès aux acteurs du projet en fonction des exigences du projet et des propriétaires des données
- de garantir la cohérence entre les modifications des données appartenant à différents propriétaires, au sein d'un même projet



Pour construire la vision générique d'un environnement numérique, le Groupe de Travail 6-2 a étudié **l'histoire de la collaboration** entre humains et les différentes théories proposées au fil du temps. La mise en perspective avec la réalité du terrain a aussi permis au groupe de construire **un état de l'art des pratiques collaboratives** et de suggérer une hypothèse pour **les tendances d'évolution de ces pratiques à l'avenir**.

Le Groupe de Travail 6-2 a aussi commencé **une analyse technique des outils qui se définissent comme « plateforme collaborative » sur le marché actuel**. L'analyse technique a été complétée pour évaluer dans quelle mesure ces outils permettent réellement de mettre en œuvre des processus de collaboration et quelle est leur adaptabilité aux évolutions de ces processus dans le temps au cours d'un projet. L'analyse a pour but de mettre le focus sur les contraintes que ces outils apportent et qui pourraient être des sources de blocage de l'amélioration de la collaboration.

## Contenu du document

L'objet de ce document est donc principalement de définir la vision d'une architecture numérique comme support des jumeaux numériques et s'appuyant sur une gestion avancée des Environnement Communs de Données.

Il vise aussi une mise en cohérence des travaux des différents groupes de travail et plus particulièrement entre le GT3.2 (continuité numérique et jumeau numérique) et le GT6.2 (plateformes collaboratives).

Ce document est découpé en 5 parties :

- Les organisations humaines, la collaboration autour de projets.
- La révolution numérique et la gestion de la donnée numérique.
- Une proposition d'architecture numérique, spécifiant les concepts de plateforme collaborative, de services avancés de stockage de données, d'outils métier et d'implémentation du CDE sous la forme d'un agent générique universel pour tout type de projet, le tout en support aux jumeaux numériques.
- Un benchmark des plateformes et outils actuels.

En conclusion, les propositions du Groupe de Travail 6-2 pour progresser rapidement vers des pratiques plus collaboratives.

## 2. ORGANISATIONS HUMAINES, COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS

### 2.1 Introduction

<b>Dimensions de la collaboration</b>	<p>Ce chapitre aborde de façon non exhaustive quelques dimensions importantes à prendre en considération pour construire des outils facilitant la collaboration autour de projets.</p> <p>Il présente successivement :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Un résumé des pratiques de collaboration à travers l’histoire Les expérimentations faites sont riches d’enseignements sur l’approche de la collaboration au fil du temps. Cette approche se trouve liée au contexte culturel, mais aussi aux moyens technologiques. On comprend que la digitalisation a un fort impact sur les collaborations. La « propriété intellectuelle », la « modélisation » et la « complexification de l’environnement » ont aussi eu des influences fortes sur la construction des formes de collaborations.</li><li>• Un état de l’art des pratiques de collaboration actuelles Quelles sont les pratiques de collaboration observées actuellement ? Pourquoi certaines collaborations se font en utilisant des outils différents de ceux mis en œuvre officiellement par les organisations ? Quels sont les freins observés ? Quel est l’impact des outils existants sur les pratiques ? Participatif et Collaboratif, ... Ce chapitre est illustré par de nombreux exemples d’outils et de pratiques, tirés entre autre d’un benchmark.</li><li>• Les critères d’une collaboration optimisée : propositions du Groupe de Travail 6-2 de MINnD Les pratiques collaboratives ancestrales limitées à de petits groupes semblaient être très communautaires. Elles ont évolué avec la taille des groupes et leur spécialisation. L’influence des corps militaires a apporté plus d’excellence dans la construction d’organisations hiérarchiques centralisées en silos. Le début du 20<sup>ème</sup> siècle voit très doucement revenir les organisations vers des pratiques plus communautaires. La vision du Groupe de Travail 6-2 est de considérer que la digitalisation doit être au service d’une collaboration la plus communautaire et la plus répartie possible. Ce chapitre présente les principaux critères retenus pour qualifier une pratique collaborative communautaire.</li></ul>
<b>Pratiques de collaboration</b>	
<b>État de l’art des pratiques</b>	
<b>Critères de collaboration</b>	

### 2.2 Historique

<b>Collaboration et organisation du travail</b>	<p>Pour la petite histoire, il existe de nombreuses théories et méthodes relatives aux organisations humaines. Elles couvrent tant l’organisation physique du travail que le management des acteurs d’une organisation.</p> <p>L’objectif de ce paragraphe n’est pas de les citer toutes, mais d’attirer l’attention sur leur multiplicité et leur variété en donnant <b>quelques exemples</b> qui sont autant de challenges à relever par les plateformes collaboratives.</p>
-------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ainsi **l'artisan, sur un marché étroit**,



Vision globale  
Stratégie bout en bout

maitrise la stratégie de bout en bout du cycle global (démarcheur, concepteur, constructeur, testeur, vendeur, formateur, service après-vente, ...), pour laquelle les modes de communication informels – avec ses clients et ses fournisseurs – sont largement suffisants. A cette époque les artisans, leurs ouvriers et leurs clients partageaient une même culture qui fait qu'en se référant aux « règles de l'art » les 2 partis accédaient à un accord implicite et immédiat. Ce n'est plus le cas

aujourd'hui.

Les innovations qui ont permis d'améliorer les activités humaines ont donné naissance à **des spécialisations**<sup>1</sup>, qu'un individu seul ne peut pas toutes maîtriser<sup>2</sup>.

L'idée que **la division du travail augmente l'efficacité de la production** et se trouve favorisée par la taille du marché, est très ancienne ; Xénophon l'évoquait déjà<sup>3</sup> 400 ans avant J.C. Xénophon a aussi beaucoup écrit sur l'art du commandement et du leadership en s'inspirant de ses campagnes militaires.

En fonction des capacités intellectuelles, physiques ou combatives des individus, **une division tripartite**<sup>4</sup> s'est rapidement dessinée dans la répartition des activités dans une majorité de sociétés, formant une hiérarchie sociale à 3 niveaux : diriger/décider/enseigner ; produire ; combattre.

**Mais dès qu'un projet implique plusieurs acteurs** dans sa réalisation, la communication entre les acteurs est nécessaire pour assurer une coordination des actions.

Le premier modèle sophistiqué d'organisation du travail apparaît dans l'arsenal de Venise (1200), chantier naval qui emploie jusqu'à 16000 personnes dans un modèle de **travail à la chaîne**. Ce modèle sera repris notamment dans le **Fordisme** en 1908, lequel ajoute la notion de standardisation (séries de pièces).

**L'établissage**<sup>5</sup> est un autre exemple de mode de production répartie, apparu au XVIII<sup>e</sup> siècle dans le domaine de l'horlogerie, qui consiste à diviser le travail de fabrication en petites **unités spécialisées et indépendantes**. Les pièces produites sont assemblées au dernier moment pour finaliser le produit. L'établissage permet **le travail à domicile** et à **temps partiel**.

Travail à la chaîne et établissage ont inspiré le **Taylorisme** (1880) qui formalisera la notion **d'organisation scientifique du travail**, en déployant un système hiérarchique de management pyramidal où les décisions sont séparées de l'exécution.

Dans cette conception, **on perd le consensus autour d'un objectif commun**. La conception et la décision sont réalisées par des spécialistes (ingénieurs) et la réalisation par des ouvriers déchargés de toute initiative mais entraînés à la performance dans leurs actions. **La vision globale, la stratégie de bout en bout, ne sont pas visibles des acteurs des couches profondes**.

Cette organisation est caractérisée par l'absence de communication horizontale directe entre les branches. En absence de moyens informatiques, cette organisation a permis de mieux structurer et contrôler les tâches de production.



Information diluée  
ressaisies, temps d'échange,  
incompréhensions, ...

<sup>1</sup> « on fait plus et mieux et plus aisément, lorsque chacun ne fait qu'une chose, celle à laquelle il est propre », PLATON, La république, livre III

<sup>2</sup> « La société est un regroupement d'individus qui trouvent avantage à vivre ensemble parce que cela leur permet de diviser entre eux les tâches et de se spécialiser de plus en plus dans l'exercice d'une activité déterminée. Ainsi apparaissent les divers métiers, puis le commerce intérieur et extérieur » Henri Denis, Histoire de la Pensée économique, Paris, Thémis, 1966, p.20

<sup>3</sup> Cyropédie, Livre VIII, chap. 2, Xénophon

<sup>4</sup> L'idéologie tripartite des indo-européens, Georges Dumézil, anthropologue, 1958

<sup>5</sup> « Cela permet une division très fine des tâches, en laissant à l'entrepreneur toute liberté dans la détermination du cahier des charges et à l'exécutant la possibilité de se spécialiser dans l'opération qu'il maîtrise le mieux. Dans le Jura, où il s'est développé, l'établissage avait un autre avantage, permettre le travail à domicile et sa libre répartition au sein des familles. Pour une bonne partie des horlogers jurassiens, l'horlogerie était ainsi une activité à temps partiel qui se substituait au travail principal durant l'hiver », Wikipédia

Citons rapidement le **paternalisme** apparu au XIX<sup>e</sup> siècle en alternative aux stratégies de la carotte et du bâton ayant eu des résultats très mitigés. Le gain social (jardins familiaux, avantages, ...) se fait au prix d'une obéissance sans faille au patron et la fusion de la vie privée et professionnelle.

Le **Toyotisme** apparu en 1937 introduit le concept de fabrication « au plus juste » (**lean manufacturing**), la synchronisation du flux de production avec le flux de consommation (just-in-time), l'amélioration continue, ... et de nombreuses autres idées plus ou moins reproductibles hors de la culture d'entreprise spécifique à Toyota.

C'est **William Edwards Deming** qui révolutionnera<sup>6</sup> la vision des pratiques de management en 1950 au Japon, après avoir eu peu d'écoute de la part de ses compatriotes américains pendant la guerre, car son modèle semblait trop innovant et en opposition aux principes du Taylorisme. « **La politique d'une entreprise doit être de développer la connaissance dans un climat de coopération.** »

L'idée qu'une création, une innovation soit la propriété de son auteur aurait émergé relativement tardivement dans l'histoire de l'humanité<sup>7</sup>. L'objectif affiché est clairement de tirer profit du travail qui aurait permis cette innovation. Dans une société sédentarisée basée sur la propriété, l'idée de la propriété intellectuelle est une extension supplémentaire logique de la propriété, qui n'a pourtant pas été nécessaire au développement des grandes civilisations basées sur le partage des expériences et une forme de compagnonnage.

**La propriété intellectuelle fait donc aujourd'hui partie du contexte et constitue une contrainte très importante sur les collaborations.** C'est un actif qui consacre la valeur accordée à l'action d'inventivité. Donc un susceptible ensuite d'une transaction, d'un échange, d'un transfert, sujet de valorisation.

Les premiers **brevets d'exploitation** apparaissent vers 1421<sup>8</sup> mais c'est l'invention de l'imprimerie en 1437 qui permet la reproduction massive d'œuvres sans contreparties pour leurs auteurs, qui va induire la nécessité de protéger ces derniers par des privilèges. Après quelques tentatives peu avant la révolution en France, c'est la convention de Paris en 1883 qui constitue le premier **accord international de la propriété intellectuelle**. La création en 1967 de l'OMPI (**Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle**) permet progressivement d'harmoniser les régimes spécifiques nationaux. Il faudra attendre 20 ans de plus avant de voir des accords se construire au sein de l'**Organisation Mondiale du Commerce (OMC)**. Mais cet accord est sujet à de larges critiques du fait des dérives constatées dans le domaine de la santé publique et notamment la brevetabilité du vivant.

**Concrètement, toute organisation humaine pour réaliser un projet sera confrontée à la gestion des propriétés intellectuelles. L'objet des propriétés intellectuelles étant presque exclusivement numérisé actuellement, la structuration des données numériques devra impérativement permettre la gestion de la propriété intellectuelle.**

Dans une architecture numérique ouverte utilisant des formats de données et des protocoles standardisés ouverts, c'est-à-dire dont l'utilisation est libre, comment distinguer les données produites et utilisées par un projet en fonction de leurs propriétaires ? Précédemment, il est montré qu'**une architecture numérique est**

<sup>6</sup> « L'industrie japonaise adopte aussitôt les théories de Deming sur le management ; dix ans plus tard, les produits japonais, notamment les automobiles et les téléviseurs, commencent à déferler en Amérique. Le public américain ne s'y trompe pas : les produits japonais sont meilleurs et moins chers. C'est un tournant historique. », wikipédia, [https://fr.wikipedia.org/wiki/WV\\_Edwards\\_Deming](https://fr.wikipedia.org/wiki/WV_Edwards_Deming)

<sup>7</sup> L'une des premières manifestations de l'existence de la propriété intellectuelle concernerait une recette de cuisine au VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère. « Si l'un des cuisiniers ou des chefs arrive à créer un mets original et élaboré, personne n'a le droit d'utiliser cette recette avant qu'un an ne se soit écoulé, exception faite de l'inventeur lui-même afin que celui qui l'a créée le premier en tire profit pendant cette période : et cela dans le but que les autres s'appliquent eux aussi, se distinguent par des inventions de ce genre ». (Loi de Sybaris, extrait, selon l'historien Pylarque cité par Athénaios au III<sup>e</sup> siècle av. J.C. dans le «Banquet des sages»)

<sup>8</sup> Selon « L'histoire des brevets » de Serge Lapointe : Depuis la fin du Moyen Âge, on trouve la trace de quelques rares cas de privilèges qui sont accordés aux inventeurs pour qu'ils puissent voir leur travail d'invention reconnu. Ces privilèges accordent un monopole temporaire sur l'exploitation de l'invention. C'est la ville de Venise qui met en place à partir de 1421, dans un milieu très entreprenant avec de nombreux inventeurs, de nombreux privilèges. La loi « Parte Veneziana » votée en 1474 énonce pour la première fois les principes de base des brevets.

**Modélisation d'un environnement complexe**

**fortement contrainte par la gestion de la propriété intellectuelle.** Voici rapidement les principales contraintes :

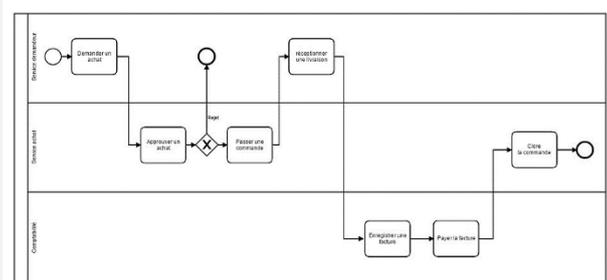
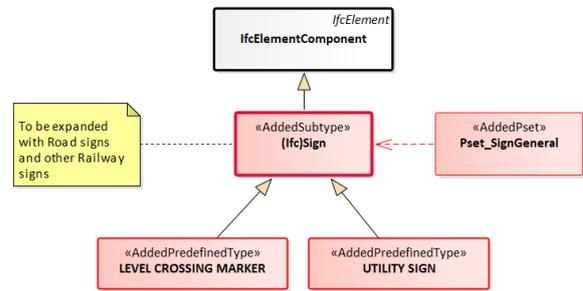
- Chaque acteur d'un projet utilise des données dont il est propriétaire et qu'il met au service du projet. Ces **données représentent son savoir-faire et constituent potentiellement son avantage concurrentiel sur son marché.** Ces données doivent être protégées de la vue des autres acteurs potentiellement concurrents.
- Chaque acteur du projet crée ou modifie des **données pour réaliser l'ouvrage du client** du projet. Ces données appartiennent clairement au client. Elles peuvent avoir une sensibilité importante voir critique lorsqu'elles décrivent un bâtiment militaire en lien avec la sureté nationale. Un engagement de confidentialité de chaque acteur est exigible vis-à-vis de ces données.
- La gestion du projet génère des **données d'organisation et de coordination des acteurs du projet.** Elles traduisent un savoir-faire du responsable du projet, au service du client mais qui n'appartiennent pas pour autant ni au client, ni aux acteurs du projet. Dans ce cas aussi, une protection des données et un engagement de confidentialité des acteurs est nécessaire.

La réalité est complexe. Des millions de paramètres entre en jeux dans le moindre environnement humain. **La modélisation est la construction d'une représentation plus ou moins simplifiée de la réalité,** appelée modèle et visant à faciliter une compréhension commune d'un domaine.

Avec l'essor de l'informatique, de nombreux modèles ont été conçus dès le milieu des années 70 pour garantir une définition et une compréhension commune d'environnements a priori hétérogènes. Très vite la modélisation a mis en évidence la nécessité de **séparer les données et les traitements.** La méthode MERISE en 1978 s'appuie sur ce concept.

Dès lors, la modélisation s'est focalisée sur **2 axes.**

**La modélisation des données,** de leur structuration et de leur partage a donné naissance à l'approche orientée objet avec CORBA en 1992 et **UML** en 1997, ou les architectures de services SOA avec PRAXEME en 2003.



Parallèlement, **la modélisation des traitements de la donnée,** c'est-à-dire des processus de l'entreprise, est apparue avec OSSAD en 1990. Puis très rapidement de nombreuses modélisations spécialisées telles que RAD pour les méthodes

Agiles ou VSM pour le Lean Management. Depuis 2004, **le standard BPMN** s'impose comme une référence regroupant les enseignements tirés des méthodes précédentes.

L'Annexe 1 présente un historique des modélisations. **Actuellement, l'utilisation de BPMN pour l'analyse et la conception des processus métiers d'une entreprise, se combine avec l'utilisation de UML pour l'analyse et la conception d'un système d'information et des données associées.**

## Contexte actuel

Plusieurs points de vue sont à prendre en considération pour décrire le contexte actuel. L'état de l'art de la collaboration autour d'un projet montre des pratiques en constante évolution<sup>9</sup> pour s'adapter au contexte, notamment du fait de l'évolution rapide des technologies numériques.

La norme **ISO 21500** définit un **projet** comme étant « un ensemble unique de processus, constitués d'activités (...) pour atteindre les objectifs du projet ». **La gestion de projet peut donc être considérée comme la gestion de l'ensemble des processus d'un projet.** La gestion de projet propose une structure de processus, conformément à l'ISO 21500, sur laquelle l'organisation humaine s'appuie pour collaborer. Ces processus sont regroupés en familles : Intégration du projet, Périmètre, Échéancier, Coûts, Qualité, Ressources, Communication, Risques, Approvisionnement, Parties prenantes, Environnement et Développement Durable. Le concept de découpage en tâches développé par le département américain de la défense et publié en 1962 par la NASA est repris dès 1987 par les standards de gestion de projet (voir OTP / WBS<sup>10</sup>).

Le PMI<sup>11</sup> propose un programme de certification mondialement reconnu en gestion de projet : le PMP<sup>12</sup>

L'expérience militaire et spatiale a donné naissance à la notion de **système de systèmes indépendants** pour maîtriser leurs domaines. Chaque système est un ensemble d'éléments qui interagissent entre eux selon des règles définies. Les concepts de suivi des exigences fonctionnelles, d'ingénierie sur tout le cycle de vie du système, de configuration évolutive, de gestion des données technique et gestion de configuration, ... sont mis en œuvre dans ce modèle d'organisation des activités : **l'ingénierie système.**

## PLM

Lorsque l'on recentre la collaboration tout au long du **cycle de vie d'un produit**, les activités suivent le cycle : cahier des charges du produit et/ou des services associés, mode de fabrication et marketing associé, mode de distribution pour la fabrication, mode de stockage, mode de distribution du produit fini, services apportés, gestion des évolutions, fin de vie du produit (destruction / remplacement). On parle de **Gestion du Cycle de Vie des Produits (PLM)**<sup>13</sup>.



**On constate une convergence de l'ingénierie système et de l'ingénierie PLM.**

D'autre part, on constate à l'évidence<sup>14</sup> que la conception en entreprise étendue devient la règle.

La généralisation de la collaboration dans **le contexte de l'entreprise étendue** renforce le besoin de **pouvoir partager l'exploration de l'espace de conception entre tous les acteurs concernés**, de pouvoir **comparer les différentes alternatives et argumenter** – voire négocier – les différents choix possibles. Les concepteurs l'ont toujours fait, mais à mesure que le nombre d'acteurs intervenant dans les projets augmente, qu'ils sont localisés de plus en plus sur des sites distants et que le champ des exigences à prendre en compte s'élargit et se complexifie, **la collaboration et l'exploration de l'espace de conception ne peuvent plus se satisfaire de modes de communication implicites.** De plus, la généralisation de

<sup>9</sup> <https://creg.ac-versailles.fr/theories-des-organisations>

<https://www.memoireonline.com/02/09/1995/Les-ecoles-de-la-theorie-des-organisations.html>

<sup>10</sup> OTP : Organigramme des Tâches du Projet / WBS Work Breakdown Structure

<sup>11</sup> PMI : Project Management Institute

<sup>12</sup> PMP : Project Management Professional Certification

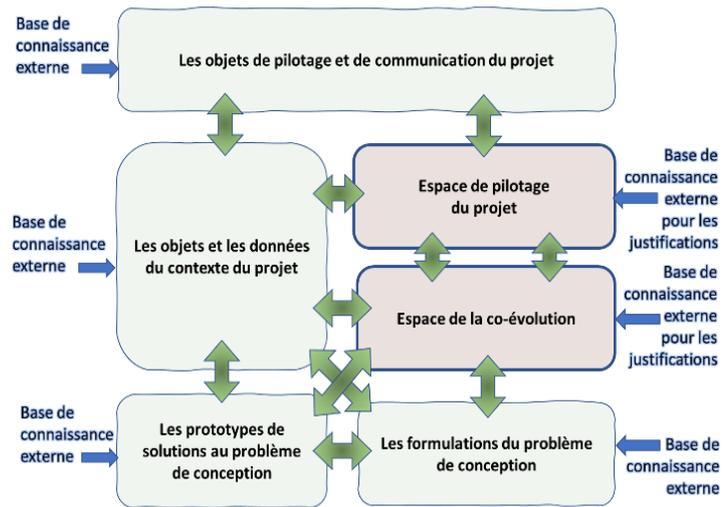
<sup>13</sup> GCVP – ou PLM en anglais : Product Lifecycle Management

<sup>14</sup> Une évidence qui s'est construite lentement : Z.Turk décrit la lente émergence des concepts d'interopérabilité et de collaboration à travers les siècles et les progrès techniques (Turk, Z. (2020). Interoperability in Construction – Mission Impossible? – Elsevier.)

la digitalisation à tous les domaines métiers permet d'envisager de nouvelles approches pour supporter l'exploration de l'espace de conception et la collaboration.

Dans le contexte de l'entreprise étendue,

l'ensemble des acteurs impliqués dans les projets de conception mènent leurs activités respectives en mode soit de coopération, soit de collaboration – ou pour reprendre la terminologie chère à F. Darses<sup>15</sup> : **la conception distribuée** ou **la co-conception**.



**La conception distribuée induit un partage des tâches et une coordination** pour s'assurer du bon déroulement du projet.

**En co-conception, les acteurs sont engagés dans le développement conjoint d'une solution** – i.e. ils partagent la définition des buts du projet et sont parties prenantes des choix entre les différentes alternatives qui émergent en cours de projet. En d'autres termes, dans les processus de co-conception, les intervenants sont amenés à justifier et argumenter, voire négocier les choix et in fine converger vers des décisions collectives. **La justification des décisions** correspond à deux modèles de raisonnement. L'**abduction normale** où le concepteur se réfère à des connaissances connues. L'**abduction de conception** où le concepteur énonce des hypothèses qui sont validées *a posteriori* par la création. (Voir détail en Annexe 1).

Face à la complexité des organisations, plutôt que de multiplier des processus lourds pour définir et contrôler les activités au sein de l'organisation, il paraît intéressant de construire des organisations encourageant l'intelligence collective auto-contrôlées. Le concept des **organisations apprenantes** centre son fonctionnement autour de la connaissance : co-résolution de problèmes, expérimentation, retour d'expériences, apprentissage, partage et transfert des connaissances.

**La théorie U** est une autre piste récente qui intègre les derniers développements des **neurosciences** pour aborder les organisations humaines.

Tous ces exemples illustrent **la richesse et la diversité des modèles humains de collaboration** autour d'un projet. Une organisation gère un cycle permanent **d'Analyses, de Prise de décisions et d'Actions**.

La digitalisation doit apporter des moyens innovants de porter toutes ces dimensions.

Parmi ceux-ci, les plateformes collaboratives et les outils numériques ont un rôle majeur.

Mais qu'en est-il vraiment sur le terrain ? Quelles réelles pratiques collaboratives peut-on observer ?

Le chapitre suivant 2.3 présente une analyse des pratiques.

<sup>15</sup> Darses, F. (2009). Collaborative Design Process-Solving – Presse Universitaire de France.

## 2.3 Pratiques collaboratives et retours d'expériences

Pas de nouveauté en soi

La pratique collaborative n'est pas nouvelle en elle-même. Il existe différents domaines métiers où elle est déjà instituée, de par la nécessité de ceux-ci : industrie automobile, aéronautique, aérospatiale. etc. Cela ne va pas sans quelques défaillances parfois marquantes, (Columbia, Challenger, Airbus A380, ...) et d'autres beaucoup plus courantes et moins médiatiques. Il n'empêche qu'il existe une « culture collaborative » dans ces métiers.

Pratiques collaboratives observées actuellement

Cette pratique s'avère nouvelle dans le domaine du BTP et elle se confronte à la pratique de la juxtaposition d'interventions des différents corps d'état habituellement développée sur un chantier. Cette évolution culturelle est provoquée par l'arrivée du BIM et surtout l'utilisation de maquettes numériques. Toutefois, ce n'est pas simplement une technologie numérique de plus qui amène ce changement, c'est plutôt le fait de travailler ensemble en quasi simultanéité et en partage de pratiques qui bouleverse la donne antérieure.

Il est intéressant d'observer que les plateformes collaboratives utilisables dans le cadre de projets de BTP sont nombreuses (nous en avons listé plus d'une vingtaine, ce qui n'a pas valeur d'exhaustivité) et que les acteurs sont d'origines multiples. Nous retrouvons aussi bien des éditeurs « historiques » d'outils de modélisation dédiés à la construction d'infrastructures (au sens large), des éditeurs déjà implantés dans d'autres domaines métiers (industrie, par ex.) et de nouveaux acteurs qui s'installent en s'appuyant sur le mode collaboratif pour proposer leurs offres. L'État français lui-même, finance et promeut l'usage d'une plateforme collaborative « maison », développée par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment).

Nous parlons ici d'outils numériques, permettant la collaboration (avec entre autre l'utilisation de maquettes numériques, dans le cadre du BIM). Cependant, une pratique collaborative ne fonctionne pas qu'avec une plateforme technique, aussi performante et adéquate soit-elle. La dimension humaine est essentielle et l'appréhension de ce sujet prend bien plus de temps que la maîtrise technique des outils. Nous touchons ici aux pratiques métiers, ancrées depuis des décennies, qu'il convient de faire évoluer (changement), en passant d'un système en homéostasie à un autre système qui sera aussi à termes en homéostasie, la stabilité des pratiques et des processus étant essentielle.

La difficulté principale aujourd'hui, auprès des petites et moyennes entreprises, réside dans le questionnement d'aller ou non vers le BIM et donc vers un processus collaboratif, avec de nouveaux outils techniques. Pourtant, ce questionnement porte avant tout sur des questions financières (matériel, software, formation, ROI, etc.) plus que sur l'accompagnement au changement pour aller vers un mode collaboratif efficace. La question de la plateforme collaborative à utiliser est bien secondaire, simplement abordée, quand le cahier des charges d'un maître d'ouvrage en fait mention/obligation d'usage.

Une question reste posée : la différence entre le participatif et le collaboratif. La pratique relevant du participatif est largement répandue. Il existe dans le domaine du SIG, par exemple, de nombreuses plateformes de mutualisation/partage de données géographiques (allant parfois jusqu'aux pratiques métiers). Les développements technologiques ont été mis au service des besoins/usages des acteurs métiers. Autre exemple, celui d'une plateforme web comme Google Maps, sur laquelle tout un chacun peut ajouter des éléments d'informations ponctuels pour enrichir la géolocalisation.

Dans ces deux exemples, il s'agit effectivement d'une mise en œuvre de pratique participative et non collaborative. Dans le premier cas, la mise en commun (partage/mutualisation) répond à un objectif de connaissance et de réutilisation de données existantes, donc de duplications de celles-ci, quand elles ne sont pas alimentées par des flux web. Dans le second cas, le retour d'infos est principalement

à l'avantage de la cartographie de Google, même s'il existe un bénéfice secondaire pour le participant.

Un autre exemple également lié au SIG, correspond beaucoup plus à un mode pré-collaboratif. Il s'agit d'OSM (Open Street Map), cartographie « citoyenne » à l'échelle mondiale, qui promeut/réalise une cartographie territoriale plus rapidement à jour et réaliste, car proposée avec la participation de tous les citoyens qui le souhaitent, le retour pour tout un chacun étant dans la mise à jour perpétuelle des cartes et dans la possible réutilisation ouverte.

Dans le même ordre d'idée, l'application WAZE rachetée par Google, propose un mode participatif temps réel, puisque ce sont les utilisateurs de Waze qui l'alimentent et en bénéficient en même temps. Les données restent toutefois la propriété de Google.

Wikipedia, en tant qu'encyclopédie mondiale, relève d'un mode collaboratif, avec une amélioration en continu.

De manière plus générale, une GED est un bon exemple de partage de fichiers, sans aller jusqu'au collaboratif. La GED concerne de nombreux domaines métiers, bien au-delà du BTP. Certaines plateformes dites collaboratives relèvent plus d'une GED évoluée.

Si la pratique collaborative dénote avant tout une participation humaine volontaire, les outils développés pour la mettre en œuvre dans les métiers restent indispensables, d'où le développement important actuellement des plateformes collaboratives.

#### Déviations et freins

Un des freins assez facilement identifiable est celui du juridique, lié à la donnée, à son usage/réutilisation et au fait que le mode collaboratif impose le partage de celle-ci à tout un écosystème métier qui n'avait pas ce type de pratique auparavant, ne partageant que ce qui était strictement indispensable. Derrière la donnée (au sens large) se cache toujours l'idée du pouvoir et du contrôle de celle-ci (ou grâce à celle-ci). Qui connaît bien les données de son territoire (en production et usage), connaît bien celui-ci et est plus à même de prendre des décisions pertinentes. Partager la donnée revient, d'une certaine manière à partager le pouvoir.

Les plateformes collaboratives visent à ouvrir ce modèle fermé sur la donnée. Toutefois, la quantité de données devenant exponentielle (massive data), dans des formats différents, le contrôle de celles-ci devient plus difficile, sans outils adéquats.

Un autre frein (risque ?) serait que les éditeurs eux-mêmes se ferment sur leurs développements pour conserver une certaine forme de contrôle technologique. Cela signifierait que les principaux usages seraient régis par les outils collaboratifs (ici les plateformes) et non par les collaborateurs. Il nous semble peu probable qu'un tel cas de figure se produise, car nous n'avons pas encore exploré tout ce que le mode collaboratif peut apporter dans les métiers et la transversalité absolue que permet la production massive de données (provenant d'horizons différents) devrait plutôt permettre une « collaboration de plateformes », plutôt qu'une unicité de plateformes collaboratives, différentes, mais verticales dans leur fonctionnement.

#### Ce qui peut bouger Ce qui n'est pas mature

Les plateformes collaboratives, en tant qu'outils constitués, répondent à un certain nombre d'usages. Notre travail de benchmark portant sur une dizaine d'entre elles le montre bien. Si nous retrouvons des invariants au sein de celles-ci (stockage, formats, accès, sécurité, ...), elles n'ont pas toutes le même degré de réponse aux multiples usages qui se font jour de plus en plus. Dans la définition des niveaux de maturité communément admise à travers le processus BIM dans le BTP, figure un « niveau 3 », qui représente actuellement le « but à atteindre » pour être véritablement collaboratif. Cette idée est intéressante, elle est toutefois limitative, car elle aborde peu la notion de changement au sein des équipes et prône implicitement qu'une seule plateforme peut répondre à l'ensemble des besoins.

Ce qui est prêt à bouger aujourd'hui (et c'est un point positif) relève essentiellement du travail sur les formats d'échange et sur la technologie même des plateformes.

Ce qui n'est pas encore mature, c'est la pratique même du collaboratif au sein des équipes et la connaissance limitée des usages potentiels de celui-ci.

## 2.4 La collaboration en Europe

### Démarches européennes

Dans ce chapitre, on présente 3 grandes démarches engagées en Europe pour faciliter la collaboration. Ces trois démarches sont principalement centrées sur le partage de la donnée pour une meilleure collaboration.

- La directive **INSPIRE (2007)** qui s'appuie sur la structuration et l'organisation de la donnée géographique et qui a permis de lancer réellement la démarche open data au niveau des acteurs publics,
- Le projet **DigiPLACE (2019)** financé par la Commission Européenne est une plateforme pour la Construction en Europe. Il inclut des partenaires Français dont certains acteurs de MINnD.
- La stratégie Européenne des données (2020) qui vise à créer un marché unique de la donnée publique avec la mise en place de **9 espaces communs de données (Data Store)** : industrie, pacte vert, mobilités, santé, données financières, énergie, agriculture, administration publique et compétences.

### INSPIRE : une Directive européenne fondamentale

**Inspire : la Directive européenne pour créer une infrastructure de données géographiques.**

La Directive européenne Inspire, adoptée le 14 mars 2007, vise à établir une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne, avec comme objectif premier la protection de l'environnement. La Directive est transposée dans le droit français par ordonnance du 21 octobre 2010<sup>16</sup>. La transposition complète de la directive doit être achevée en 2021.

Le principe de la directive est de permettre de mettre à disposition et de partager les données « géographiques » environnementales qui sont en général produites par des systèmes d'information géographique (SIG). Sa mise en œuvre s'appuie sur des standards OGC et ISO de l'information géographique, qui permettent le catalogage<sup>17</sup> et la découverte des jeux de données (à travers leurs métadonnées), et la visualisation et l'accès aux données sous formes de web services. L'infrastructure est ainsi distribuée en imposant aux producteurs de données la responsabilité de diffuser leurs données à travers ces standards. Pour chacun des thèmes de données d'Inspire, des modèles standards de données « obligatoires » sont définis, pour permettre l'interopérabilité de ces données entre les différents producteurs et leurs utilisateurs.

<sup>16</sup> <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/directive-inspire-r296.html>

<sup>17</sup> Géocatalogue national INSPIRE <http://www.geocatalogue.fr/>

<p><b>ANNEX: 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Addresses</li> <li> Cadastral parcels</li> <li> Geographical grid systems</li> <li> Hydrography</li> <li> Transport networks</li> <li> Administrative units</li> <li> Coordinate reference systems</li> <li> Geographical names</li> <li> Protected sites</li> </ul>	<p><b>ANNEX: 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Agricultural and aquaculture facilities</li> <li> Atmospheric conditions</li> <li> Buildings</li> <li> Environmental monitoring facilities</li> <li> Human health and safety</li> <li> Meteorological geographical features</li> <li> Natural risk zones</li> <li> Population distribution and demography</li> <li> Sea regions</li> <li> Species distribution</li> <li> Utility and governmental services</li> <li> Area management / restriction / regulation zones &amp; reporting units</li> <li> Bio-geographical regions</li> <li> Energy Resources</li> <li> Habitats and biotopes</li> <li> Land use</li> <li> Mineral Resources</li> <li> Oceanographic geographical features</li> <li> Production and industrial facilities</li> <li> Soil</li> <li> Statistical units</li> </ul>
<p><b>ANNEX: 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Elevation</li> <li> Land cover</li> <li> Geology</li> <li> Orthomagecy</li> </ul>	
<p>Liste des thèmes de données couverts par INSPIRE</p>	

La directive INSPIRE s'appuie sur plusieurs principes fondateurs d'une infrastructure d'information géographique :

- Les données géographiques doivent être collectées une seule fois afin d'éviter la duplication, puis stockées, mises à disposition et actualisées par l'autorité la plus compétente.
- Il doit être possible de combiner facilement et de manière cohérente des informations géographiques provenant de différentes sources à travers l'Europe, et de les partager entre différents utilisateurs et applications.
- Une information collectée par une autorité publique doit pouvoir être partagée par l'ensemble des autres organismes publics, quel que soit leur niveau hiérarchique ou administratif, par exemple des données de détail pour des enquêtes fines, et des informations générales pour des sujets stratégiques.
- L'information géographique doit être disponible dans des conditions qui ne fassent pas indûment obstacle à une utilisation extensive.
- Il doit être facile de connaître quelles sont les informations géographiques disponibles, à quels besoins particuliers elles peuvent répondre, et sous quelles conditions elles peuvent être acquises et utilisées.

Les objectifs initiaux d'Inspire étaient définis ainsi :

- S'attaquer aux obstacles à l'utilisation de l'information spatiale en support à la définition et au suivi des politiques environnementales
- Fluidifier l'utilisation de l'information spatiale et sa collecte
- Promouvoir la coordination des parties prenantes entre secteurs et niveaux de gouvernement dans le respect de chacun.

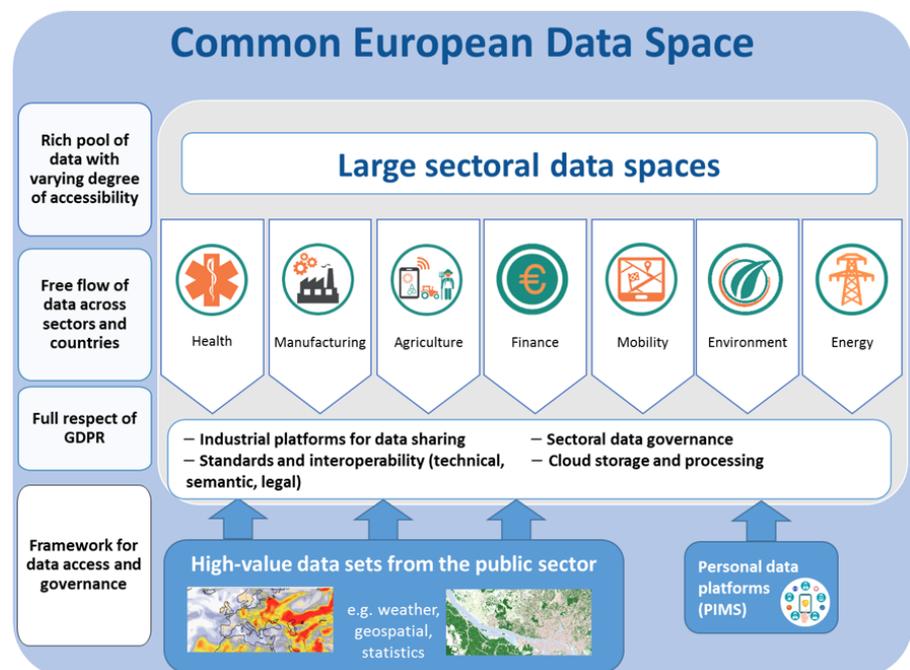
Aujourd'hui, plus de 15 ans après les premières réflexions sur Inspire, ces objectifs peuvent être considérés comme partiellement atteints avec des différences notables suivant les états membres et les moyens mis en œuvre pour la transposition. Cependant l'un bénéfice principaux de cette démarche a été de déclencher une prise de conscience par la plupart des acteurs publics concernés de leur obligation concernant la mise à disposition des données (démarche open data), et ceci à travers des architectures informatiques distribuées n'imposant pas une centralisation systématique. Des portails d'accès aux informations géographiques ont ainsi été développés à l'échelle des communes, des agglomérations, des départements, des régions, de pays, de l'Europe. **À travers ces portails, le principe est de découvrir et de donner accès aux données en évitant leur répllication (la même donnée étant référencée dans les différents niveaux de portails mais diffusée à partir d'une source unique, garante de leur mise à jour).** En France, les Régions ont été les principaux relais du niveau national piloté par le Ministère en charge de l'environnement, appuyé par l'IGN et le BRGM.

Le principal bénéfice de l'infrastructure est de permettre de visualiser, d'interroger, et dans certains cas de traiter ou de mettre à jour, les données découvertes dans le géo-catalogue depuis n'importe quel logiciel ou site web implémentant les principaux services, c'est le cas par exemple pratiquement tous les logiciels SIG. Pour bien des thèmes de données, Inspire a également mis en place une liste de vocabulaires harmonisés à l'échelle de l'Europe (donc disponibles par chacun des langues de l'Union), comme par exemple pour décrire la lithologie des formations géologiques. Leur utilisation est imposée pour la diffusion des données, mais bien entendu, chaque fournisseur de données a la possibilité de gérer un vocabulaire qui lui est propre, souvent plus détaillé, à la condition qu'il mette en œuvre une table de correspondance ("mapping" entre les vocabulaires).

La réutilisation des données est cependant limitée du fait que les spécifications obligatoires sur les données sont parfois insuffisantes (pauvres en contenu attribuaire par exemple) pour une valorisation sur des cas d'usage complexes.

La stratégie numérique de la Commission européenne publiée en février 2020 <sup>18</sup> vise à « créer un marché unique de la donnée dans lequel les entités publiques et privées pourront pleinement contrôler l'usage de leurs données et où le secteur public pourra avoir accès à un large rassemblement de données de haute qualité ». Ces données seront rassemblées dans des « espaces communs de données » (Data spaces).

L'espace européen des données offrira aux entreprises de l'UE la possibilité de tirer parti de l'ampleur du marché unique. Des règles européennes communes et des mécanismes d'application efficaces devraient garantir que: - les données puissent circuler à l'intérieur de l'UE et entre les secteurs; - les règles et valeurs européennes, en particulier la protection des données à caractère personnel, la protection des consommateurs et le droit de la concurrence, soient pleinement respectées; - les règles d'accès et d'utilisation des données soient à la fois équitables, pratiques et claires, que des mécanismes de gouvernance des données clairs et fiables soient en place; que les flux internationaux de données soient l'objet d'une approche ouverte, mais affirmée, fondée sur les valeurs européennes.



<sup>18</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066&from=EN>

S'appuyant sur l'expérience acquise avec la communauté des chercheurs dans le cadre du nuage européen pour la science ouverte (EOSC <sup>19</sup>), la Commission appuiera la mise en place des neuf espaces européens communs des données suivants:

- Un espace européen commun des données relatives à l'**industrie** (manufacturière) afin de soutenir la compétitivité et les performances de l'industrie de l'UE, permettant de percevoir la valeur potentielle de l'utilisation des données à caractère non personnel dans l'industrie manufacturière (estimée à 1 500 milliards d'EUR d'ici à 2027).
- *Un espace européen commun des données relatives au **pacte vert**, afin d'exploiter le potentiel considérable des données à l'appui des actions prioritaires du pacte vert axées sur le changement climatique, l'économie circulaire, la pollution zéro, la biodiversité, la déforestation et l'assurance du respect de la législation. Les initiatives «GreenData4All» et «Destination Terre» (jumeau numérique de la Terre) porteront sur des actions concrètes.*
- Un espace européen commun des données relatives à la **mobilité**, afin de positionner l'Europe à l'avant-garde du développement d'un système de transport intelligent, notamment les voitures connectées ainsi que d'autres modes de transport. Cet espace de données facilitera l'accessibilité, la mise en commun et le partage des données issues des bases de données existantes et futures sur les transports et la mobilité.
- Un espace européen commun des données relatives à la **santé**, essentiel pour progresser dans la prévention, la détection et la guérison des maladies, ainsi que pour les décisions fondées sur des données probantes afin d'améliorer l'accessibilité, l'efficacité et la viabilité des systèmes de soins de santé.
- Un espace européen commun des **données financières**, afin de stimuler, grâce à un meilleur partage des données, l'innovation, la transparence du marché, le financement durable, ainsi que l'accès au financement pour les entreprises européennes et un marché plus intégré.
- Un espace européen commun des données relatives à l'**énergie**, afin de promouvoir un renforcement de la disponibilité et du partage intersectoriel des données, d'une manière centrée sur le client, sûre et fiable, qui faciliterait les solutions innovantes et soutiendrait la décarbonation du système énergétique.
- Un espace européen commun des données relatives à l'**agriculture**, afin d'améliorer les performances en matière de durabilité et la compétitivité du secteur agricole grâce au traitement et à l'analyse des données de production et autres, permettant une application précise et adaptée des modèles de production au niveau de l'exploitation agricole.
- Un espace européen commun des données pour l'**administration publique**, afin d'améliorer la transparence et la responsabilité en matière de dépenses publiques, d'accroître la qualité des dépenses et de lutter contre la corruption, tant au niveau de l'UE qu'au niveau national, de soutenir l'application effective du droit de l'Union et de favoriser des applications innovantes dans le domaine des technologies au service de l'administration («gov tech»), de la réglementation («reg tech») et du droit («legal tech»), à l'appui des praticiens ainsi que d'autres services d'intérêt public.
- Un espace européen commun des données relatives aux **compétences**, afin de réduire l'inadéquation des compétences entre le système d'éducation et de formation, d'une part, et les besoins du marché du travail, d'autre part.

<sup>19</sup> <https://www.eosc-portal.eu/>

La Commission peut envisager de lancer, de manière séquentielle, d'autres espaces européens communs des données dans d'autres secteurs.

## DigiPLACE

### Le projet DigiPLACE

***Bien qu'il n'y ait pas explicitement "d'espace" pour les données urbaines ou pour les données relatives à l'industrie de la construction et des infrastructures***, la Commission européenne a néanmoins financé le projet Digiplace<sup>20</sup> (Digital Platform for Construction in Europe). Ce projet est une action de coordination dotée d'un financement européen de 1M€.

L'objectif du projet est le suivant :

*DigiPLACE is a framework allowing the development of future digital platforms as common ecosystems of digital services that will support innovation, commerce, etc. It will define a Reference Architecture Framework for digital construction platform based on an EU-wide consensus involving a large community of stakeholders, resulting in a strategic roadmap for successful implementation of this architecture.*

Le projet est piloté par l'Université de Milan et inclut des partenaires français dont certains acteurs de MINnD, il a été lancé en septembre 2019 pour un achèvement en mai 2021.

À ce jour les livrables relatifs notamment à l'analyse des plateformes existantes comme aux préconisations ne sont pas disponibles. Des contacts ont été cependant établis entre le GT 6.2 de MINnD et le CSTB pour échanger sur les avancées de DigiPLACE.

---

<sup>20</sup> <https://www.digiplaceproject.eu/>

## 2.5 Quels critères pour une collaboration optimisée

### Travailler ensemble

#### L'union fait la force

De tout temps, les hommes se sont regroupés pour **réaliser des activités ensemble**.

C'est toujours **une vision partagée** qui crée et soude le groupe autour d'un objectif.

Par exemple, cueillir un fruit sur un arbre, attraper une grosse proie, etc. ...

Le groupe réalise donc des projets dans le sens de cette vision, **pour atteindre des objectifs**.

Les projets actuels se concrétisent par la création d'ouvrages ou de services.

Les **challenges à relever** par le groupe sont donc par exemple :

- de construire le groupe,
- d'organiser le groupe,
- de coordonner les actions collectives ou individuelles,
- de maintenir la cohésion du groupe,
- d'améliorer l'efficacité du groupe en perfectionnant les techniques ou les modes d'organisation,
- de partager les bénéfices, ...



Tout ceci dans le but de réussir le projet entrepris.

Une plateforme collaborative doit permettre d'optimiser les activités du groupe pour réussir ses challenges et doit supporter le mode de collaboration choisi par le groupe, sans le contraindre.

#### Accords tacite et explicites, tiers de confiance



La construction du groupe et le maintien de sa cohésion s'articulent autour d'**accords « tacites » ou « explicites » entre les membres du groupe**.

Ces accords visent à établir les conditions et les objectifs de l'échange gagnant / gagnant qui se produira entre le groupe et ses membres.

La présence de **tiers de confiance**, de témoins, contribue à stabiliser le groupe.

La nécessité de **preuves, de certificats, d'homologations**, ... est importante pour faciliter la vérification du **respect des exigences du contrat**.



L'environnement numérique doit permettre d'implémenter de façon générique et simple le principe commun à tous les projets, de « tiers de confiance ».

#### Évolution des modes de pensée

Chaque organisation doit s'adapter à son temps, avec le renouvellement des générations.

La **transmission orale** de l'expérience, base du développement de l'humanité, s'est vu



Transmission orale



Supports écrits



Photos Vidéos



Communautés étendues

complétée par la **transmission écrite** à grande échelle dès l'invention de l'imprimerie en 1450. Dès lors, apprendre et comprendre devient possible de façon relativement autonome pour une majorité de personnes.

L'arrivée de **l'image animée** en 1895 prendra moins de 30 ans pour commencer à se vulgariser avec la naissance de la télévision en 1926. La connaissance du monde par l'image révolutionne l'enseignement et aussi la façon de travailler ensemble. Vingt ans plus tard apparaît la notion de **réseau public avec Internet** (1955) et les **réseaux sociaux** naissent en 1995 pour couvrir la planète dès 2004. Aujourd'hui toutes les écoles sont connectées et les enfants utilisent les réseaux de connaissance dès le plus jeune âge.

Ce court historique montre que **les schémas de pensée des acteurs d'un projet peuvent être très différents selon leur génération**, mais aussi **selon la culture de leur pays** qui favorise tel ou tel mode de pensée. Toute organisation humaine devra prendre en compte cette dimension.

Le challenge pour les outils d'un projet est de **permettre – autant que faire se peut - à toutes les générations et toutes les cultures** (pour les projets internationaux) **de travailler ensemble** sans se limiter à une génération, une culture ou une technologie fermée.

Selon le rapport<sup>21</sup> de juillet 2017 de l'Institut pour le Futur, **85 % des métiers qui existeront en 2030 n'existent pas encore**<sup>22</sup> en 2017.

Exemples d'observations en rupture, faites sur les nouvelles générations :

- Utilisation de réseaux sociaux pour l'échange et l'apprentissage
- Peu d'appétence pour lire de gros ouvrages
- Capacité à trouver l'information en temps réel plutôt qu'à accumuler des connaissances.
- Vivre l'expérience plutôt que de suivre une formation scolaire
- Vivre un rythme, concentration « fugitive »
- Ouverture à la créativité et l'innovation, plus qu'aux retours d'expériences

Une plateforme collaborative projet est un espace vivant optimisé pour la réalisation d'un projet dans un contexte qui dépend de la nature des acteurs, de leurs maturités, de leurs générations, de leurs cultures, ... qui doit pouvoir évoluer facilement avec le contexte du projet.

<sup>21</sup>Le rapport de l'ITFT est disponible via <https://www.defi-metiers.fr/sites/default/files/users/229/iftffordelltechnologies.pdf>

<sup>22</sup><https://www.pole-emploi.fr/actualites/le-dossier/les-metiers-de-demain/85-des-emplois-de-2030-nexistent.html>

Rechercher la donnée,  
la capter, la conserver,  
savoir la retrouver



Les challenges à relever par le groupe sont aussi d'aller chercher et donc de **disposer des bonnes données au bon moment** afin de pouvoir mener une **analyse** et produire les **informations** nécessaires à la **prise de décision**.



Le groupe doit **gérer l'accès à ces données**.

On parle bien d'accès aux données et non pas de recopie des données. La recopie de données induirait un risque supplémentaire d'incohérence entre la copie et l'original des données.

La gestion des accès s'appuie sur **une méthodologie précise des classements physiques** dans des armoires, dossiers, pochettes, etc. selon différentes méthodes qui évoluent avec les progrès technologiques, telles que le vrac total (nos lacs de données par exemple), le classement thématique ou le classement temporel par exemple.

On distinguera bien les **données** qui sont des éléments factuels non interprétés et à stocker, des **informations** qui sont des éléments résultant d'une analyse et d'une combinaison de données dans un **contexte** défini et que l'on n'aura pas nécessairement besoin de stocker puisqu'on peut les reconstruire à tout instant à partir des données.

Complexification de  
l'environnement et  
dépendance aux outils

Si la puissance croissante des outils permet d'accélérer la gestion des données de l'environnement du projet, elle ouvre aussi la porte à la créativité et l'innovation pour améliorer la gestion de l'environnement. Ceci nécessite de nouvelles données, donc une augmentation de la complexité. Et cette complexité nécessite à son tour des outils de plus en plus puissants !



Les exemples les plus fréquents concernent des exigences :

- réglementaires de plus en plus lourdes et complexes,
- fonctionnelles de plus en plus élevées qui alourdissent les phases de contrôle
- contractuelles de plus en plus fines pour contrôler la qualité et la performance

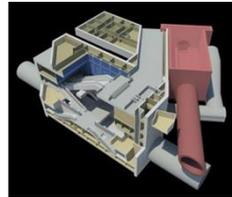
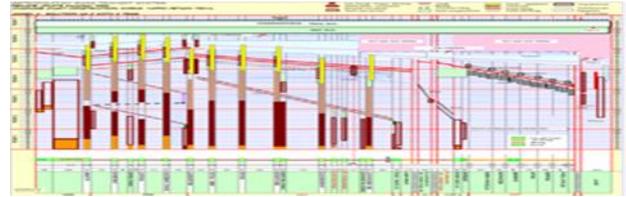


Le principal risque associé à l'augmentation du volume des informations manipulées réside dans le fait que **l'on dépasse les limites du cerveau humain**. **L'outil devient indispensable** pour manipuler, filtrer, trier, analyser ces données et permettre à l'Humain de les utiliser sans être saturé par les informations.

**Une première réflexion doit donc se faire sur la volumétrie des données, sur la pertinence de les collecter, sur la façon les traiter et sur la nécessité de les stocker.**

**Poids des pratiques  
d'expertise et des  
métiers**

La réflexion de l'expert s'appuie aujourd'hui sur des représentations en 2 dimensions de la donnée (tableaux, graphiques, plans, cartes, ...) qui se sont affinées avec le temps et qui minimisent leur temps d'analyse et de prise de décision.

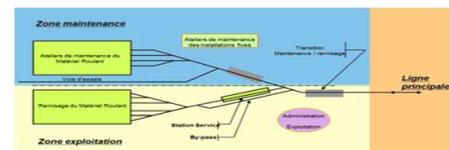


L'évolution numérique tend à générer des représentations en 3 dimensions de la donnée. Si ces nouvelles représentations dites plus « réalistes » ont un intérêt certain et apportent une plus-value aux activités Humaines, est-ce que celles-ci sont suffisantes pour remplacer les représentations historiques qui portent l'utilisation des méthodes et du savoir-faire des experts ?

**Chaque organisation se doit d'engager  
une réflexion sur ses spécificités métier**

afin de décider si les outils qu'elle mettra en place devront ou non générer les anciens modèles de représentation à partir des données de la maquette numérique.

Si les anciens modèles de représentation sont abandonnés, un effort plus important d'accompagnement au changement est à prévoir.



Une plateforme collaborative métier adaptera son ergonomie au métier, tant dans la représentation des données que dans la mise en œuvre des workflows des processus métiers.

## 3. RÉVOLUTION NUMÉRIQUE ET GESTION DE LA DONNÉE NUMÉRIQUE

### 3.1 Qu'est-ce que la donnée numérique ?

#### Histoire

##### Naissance de la donnée numérique

**Bien avant l'écriture**, les transmissions d'informations entre les générations se sont faites oralement au travers d'histoires, de contes, de légendes, ... véhiculant tout le savoir-faire et la culture d'un peuple.

**L'arrivée de l'écriture** a permis de formaliser des accords et de garder une trace exacte d'informations souvent déformées par les multiples transmissions orales. L'écriture a permis une progression technologique remarquable de l'humanité.

**L'arrivée de l'informatique** a donné naissance à la donnée numérique.

Si la donnée numérique et l'informatique ont permis un nouveau bond technologique, rappelons que **la donnée numérique n'a jamais été nécessaire pour que les humains puissent réaliser des projets ensemble**. Quelques exemples :

*Les accords explicites entre les humains pour réaliser des projets ont fait l'objet de contrats écrits.*

*Les méthodes de fabrication ont fait l'objet de notices ou d'instructions écrites.*

*Les observations nécessaires à la réflexion étaient recueillies dans des carnets de notes. Des plans, des mesures, des indications, des retours d'expériences ont été recueillis au fil du temps, constituant ainsi des ouvrages de référence, souvent désignés comme « Règles de l'Art ». Ces informations pouvaient être publiques ou privées et précieusement cachées pour conserver des avantages.*

**La donnée numérique n'est qu'une représentation d'une réalité dans un format manipulable par une machine numérique.** Ce qui veut dire de la donnée numérique n'a aucun sens si on ne connaît pas le format choisi pour représenter la réalité.

*Par exemple, une mesure de température pourra être représentée par un chiffre qui indique la température absolue ou la température relative à une température de référence. Une unité est nécessaire (K, °C, °F). Mais le contexte aussi est nécessaire pour bien connaître la réalité mesurée. La précision de l'appareil de mesure, la date et l'heure précise de la mesure, l'endroit de la mesure, ...*

##### Structurer la donnée pour mieux l'utiliser et la communiquer, le risque d'interprétation

Il est important de s'accorder sur une façon de **communiquer l'information**, tant au niveau des **protocoles de transfert** qu'au niveau de la **structuration de la donnée** véhiculée.



Le contexte est aussi important pour comprendre la donnée.

La donnée brute collectée de façon numérique est majoritairement reliée à des objets sous la forme de propriétés de ces objets. L'ensemble de ces données est stocké dans une maquette numérique.

Chaque objet est donc une collection d'attributs, qui ensemble, tentent de caractériser au mieux l'objet réel dans un certain contexte. **L'interprétation de ces informations par un expert** peut être multiple si le contexte n'est pas parfaitement défini.

Pour illustrer ces propos, selon le point de vue de l'expert, les deux images identiques ci-dessous peuvent apporter **des informations différentes qui ne sont**

**pourtant pas explicitement définies** dans l'image. Sur le premier point de vue, l'image est interprétée comme un panier de légume. Sur le deuxième point de vue, l'image est interprétée comme le dessin artistique d'un visage.

Comment concevoir la répartition des équipements pour une optimisation des flux piétons dans une gare ?



Comment agencer les équipements d'une gare pour en faire un espace convivial et esthétique ?

Deux axes importants sont à considérer pour limiter les risques d'interprétation par manque d'information :

- Il est indispensable de caractériser la donnée en apportant des précisions.
  - Au sein de **métadonnées** reliées à la donnée : ces métadonnées portent des informations de contexte permettant une classification dans des catalogues, dans des domaines, des systèmes, des fonctions.
  - En plaçant cette donnée dans un **modèle** : ce modèle définit une **ontologie** dépendante du domaine et de la tâche visée, par exemple sous la forme d'un arbre de **concepts sémantiques**. Les modèles et les dictionnaires sont utilisés à cette fin.
- Il est possible de découvrir des informations par analyse statistique ou **big data** d'un volume important de données non structurées. Parmi les algorithmes récents, à noter l'apport du **machine learning** et du **deep learning**.

En synthèse, la **donnée brute** sera toujours **structurée** selon des **modèles** et associée à des **métadonnées** pour optimiser son utilisation ultérieure sans risque d'interprétation erronée.

## 3.2 Gestion de la donnée numérique

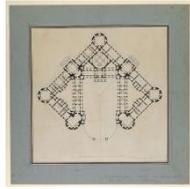
### Notion de propriété numérique

Puisque la donnée numérique représente une réalité : à qui appartient cette donnée ? à qui appartient le savoir faire qui a permis de construire cette donnée ?

En général, le propriétaire de la donnée est le propriétaire de la réalité représentée par la donnée. Mais il arrive que cette réalité n'ait aucun propriétaire (par exemple la vitesse du vent) ou plusieurs propriétaires (par exemple un contrat). **Si personne n'est propriétaire de cette réalité** (par exemple la mesure de la vitesse du vent), alors **la personne qui a payé la construction de la donnée à partir de la réalité devient propriétaire de cette donnée**.



**Si quelqu'un est propriétaire de cette réalité** (par exemple un processus de fabrication, les plans d'un bâtiment, ...), il est très probable que la réalité ait besoin d'être protégée pour des raisons d'avantage concurrentiel ou de sécurité par exemple. Donc la donnée qui représente cette réalité devra être protégée aussi et il est logique que cette responsabilité incombe au propriétaire de la réalité. Par exemple, les plans numériques de l'ouvrage du propriétaire auront été construits par un architecte, mais ils appartiennent pleinement au propriétaire de l'ouvrage. **Donc le propriétaire de la réalité est le propriétaire de la donnée numérique qui représente cette réalité.**



**Si plusieurs personnes sont propriétaires de cette réalité** (par exemple un contrat entre deux personnes appartient aux deux personnes), on retrouve la même problématique que dans la réalité. L'un ou l'autre des propriétaires pourrait tenter de falsifier la réalité (le contrat par exemple). Dans la réalité, un tiers de confiance (notaire, témoin, ...) est nécessaire pour garantir que la réalité ne sera pas modifiée. Dans le domaine numérique, **un tiers de confiance est nécessaire** pour garantir que la donnée numérique ne sera pas falsifiée au profit d'un de ses propriétaires. **La donnée numérique pourrait devenir la propriété du tiers de confiance sous couvert des propriétaires réels de la réalité.**



Nombre de propriétaires de la réalité représentée	0 	 1 	2 ou plus 
Propriétaire de la donnée	Le donneur d'ordre	Le propriétaire de la réalité (généralement le donneur d'ordre)	Le tiers de confiance
Propriété intellectuelle de la méthode de création de la donnée	<p>La personne qui a construit les données est propriétaire de la méthode de construction utilisée.</p> <p>De plus il est responsable de la cohérence entre la réalité et les données créées pour représenter cette réalité.</p>		<p>Le responsable du projet</p> <p>Les parties concernées par le contrat</p>

**Cohérence de la donnée numérique avec la réalité**

Une fois que le format de représentation de la donnée est figé, il faut mettre en œuvre un processus de collecte et éventuellement de mise à jour de la donnée, ainsi qu'un processus de vérification de la cohérence de la donnée.



C'est logiquement **le propriétaire de la donnée qui est responsable du maintien de la cohérence de la donnée numérique avec la réalité**, que ce soit lui ou non qui fabrique cette donnée.

**Droits d'accès à la donnée numérique**

C'est **le propriétaire de la donnée numérique qui gère les droits d'accès** à la donnée numérique.



En général, c'est aussi **le propriétaire de la donnée numérique qui définit les droits d'accès, mais il y a des exceptions** comme celles liées à la réglementation. Ainsi un propriétaire de données pourra se voir obligé de donner accès à certaines de ses données. Par exemple dans le cas où ces données contribuent à un service public, comme par exemple des certificats de conformité à des réglementations.

**Stockage et pérennité**

Le propriétaire des données est donc garant du stockage de celles-ci de façon pérenne et sécurisée. C'est une responsabilité importante qui couvre de nombreux domaines tels que :

- la sauvegarde des données,
- l'archivage des données selon les standards tels que le LOTAR,
- la protection des données contre les tentatives de vol,
- la protection physique des données contre les accidents qui pourraient survenir sur les supports,
- la mise en œuvre de Plan de Recouvrement Informatique (PRI) et de Plan de Continuité Informatique (PCI) qui permettent de garantir une disponibilité maximale des données,
- le maintien de l'accessibilité des données en cas d'obsolescence technologique des supports de stockage.



### Échange et partage de la donnée numérique

**L'échange et le partage de la donnée** se fait sous le contrôle du propriétaire de la donnée.

Des règles importantes sont à respecter, qui devront faire l'objet **d'un contrat entre l'utilisateur et le propriétaire.**

### Utiliser des formats standards ouverts

En absence de référence standardisée, les éditeurs de logiciels ont construit des formats propriétaires qui ont permis d'accélérer l'innovation dans le domaine numérique.



Dans un contexte actuel de foisonnement des solutions et de pression technologique, on constate la corrélation forte entre les outils et les données au format propriétaire spécifique de l'outil est cause majeure de perte d'efficacité. Des efforts considérables de transformation du format des données sont constatés pour remplacer un outil obsolète, changer de solution logicielle ou même parfois simplement passer d'une version à une autre pour un même outil logiciel.



**S'il n'est pas possible de contrôler l'évolution technologique, il est parfaitement possible de sélectionner les outils selon leur capacité à utiliser des formats de données ouverts et standardisés.**



### Traçabilité des accès

Lorsque l'accès à la donnée numérique est donné en lecture et en écriture à plusieurs personnes extérieures, il y a un fort enjeu de **maintien de la cohérence de la donnée avec la réalité.**

La traçabilité des accès est indispensable.

La gestion des données au sein **d'Environnement Commun de Données** est l'outil fourni par l'ISO19650 pour permettre une gestion structurée et normalisée de la donnée, donc ouverte et connue de tous les utilisateurs potentiels de la donnée. L'utilisation du CDE permet la traçabilité des accès.

### Moyens d'échanger

Il est important de mettre en œuvre des moyens standardisés pour échanger de la donnée. Ceci impose une structuration des données et l'utilisation de protocoles standardisés ouverts pour les échanges.

**Les demandes d'échange de données sont faites au travers de services.**

**Les données sont structurées selon des formats standards et sont échangées dans des conteneurs.**

### Performance d'accès

Le propriétaire de la donnée est garant de la performance de l'accès à ses données. Cette performance peut s'exprimer en terme de délais, de débits, de limitations de volumes, de nombre d'utilisateurs simultanés, ...etc.

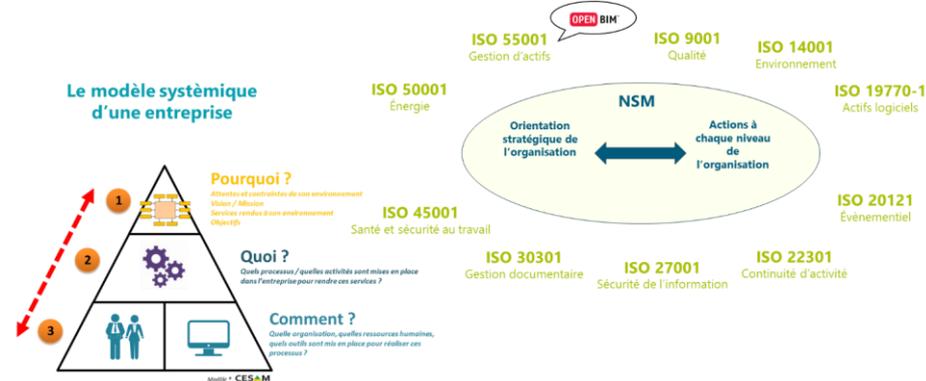
### 3.3 Les standards

**Standards actuels des systèmes de management/gestion de la donnée numérique**

**Positionnement du BIM**

**De nombreuses normes** encadrent **l'organisation d'une entreprise** et constituent un contexte incontournable pour l'ensemble des projets.

Par ailleurs, **la gestion de la donnée numérique** fait aussi l'objet de standards, indépendamment du contenu des données.



Dans le contexte des NSM<sup>23</sup> de l'ISO, rappelons la définition d'un « Système de management ».

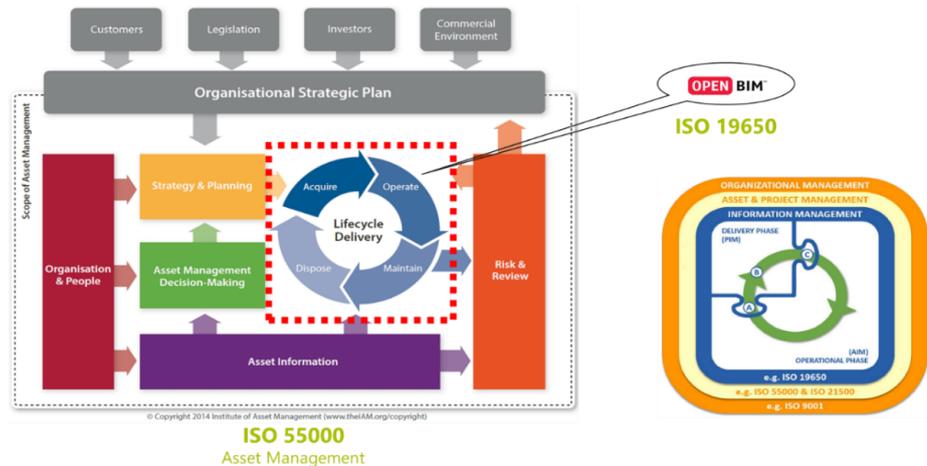
« Un **système de management** est l'ensemble des processus par lesquels un organisme gère les éléments corrélés ou en interaction de ses activités afin d'atteindre ses objectifs. Ces objectifs peuvent viser différents résultats à atteindre, notamment en ce qui concerne la qualité des produits ou des services, l'efficacité opérationnelle, la performance environnementale, la santé et la sécurité sur le lieu de travail et bien d'autres domaines. » **Source spécifiée non valide.**

La série des normes ISO19650 portant sur la gestion de la donnée numérique, dite BIM, aurait pu trouver sa place comme norme NSM dans un périmètre élargi à l'ensemble de l'organisation, mais la construction rapide de l'ISO19650 (2018) à partir du PAS 1192 ne permettait pas facilement une restructuration et une mise en conformité avec l'architecture des NSM.

**La méthodologie BIM présente les principes et les concepts de gestion de l'information concernant les ouvrages de construction<sup>24</sup>. Elle se limite au périmètre restreint du cycle de vie des ouvrages<sup>25</sup>, lequel est décrit par l'ISO55001. À ce titre, on constate de nombreux intérêts à rapprocher la méthodologie BIM des méthodologies liées au PLM<sup>26</sup>.**

<sup>23</sup> Norme de Système de Management  
<sup>24</sup> Extrait ISO 19650 « Le présent document s'applique aux actifs bâtis et aux projets de construction de toutes tailles et de tous niveaux de complexité, notamment les grandes propriétés, les réseaux d'infrastructure, les bâtiments individuels et les éléments d'infrastructure, ainsi que les projets ou programmes permettant leur livraison. »  
<sup>25</sup> Extrait ISO 19650 « Il s'applique à la totalité du cycle de vie d'un actif bâti, y compris la planification stratégique, la conception initiale, l'ingénierie, le développement, la documentation et la construction, l'exploitation quotidienne, la maintenance, la réhabilitation, la réparation et la fin de vie. »  
<sup>26</sup> Product LifeCycle Management

## BIM et cycle de vie des ouvrages



« La gestion de l'information selon l'ISO 19650 a lieu dans le contexte d'un système de gestion des actifs tel que l'ISO 55000, ou un cadre de gestion de projet tel que l'ISO 21500, qui s'inscrit lui-même dans le management de l'organisation conformément à un système de management de la qualité tel que l'ISO 9001. »

Le périmètre de la norme ISO 19650 se limite à la gestion et la production d'informations liées au cycle de vie des actifs. On remarque l'existence de deux phases dans ce cycle, chacune étant associée à un processus spécifique de gestion de l'information de la phase concernée :

- Phase DELIVERY (liée à l'acquisition) qui s'appuie sur le modèle PIM<sup>27</sup>.
- Phase OPERATIONAL (liée à l'exploitation, la maintenance et la destruction) qui s'appuie sur le modèle AIM<sup>28</sup>.

Chacun des processus métiers devra accéder à deux ensembles de données :

- Des données représentant les **ACTIFS**, aussi désignés sous le terme de « **Système A Faire** »,
- Des données représentant les **PROJETS**, aussi désignés sous le terme de « **Système Pour Faire** ».

Comment garantir un accès permanent pendant la phase DELIVERY, aux données des ACTIFS figées dans le temps et principalement gérées pendant la phase OPERATIONAL ? Comment s'assurer que la phase OPERATIONAL puisse intégrer les nouvelles données des ACTIFS issues de la conception faite pendant la phase DELIVERY ?

Il est essentiel de comprendre **comment les données et les informations sont échangées<sup>29</sup> dans la continuité numérique** entre les phases OPERATIONAL et DELIVERY. Un des objectifs de l'ISO 19650 est de décrire précisément les transferts d'informations entre les phases OPERATIONAL et DELIVERY au lancement et à la fin d'un projet (étapes A, B et C), ceci afin de garantir l'alignement avec le cycle de vie des actifs de l'ISO 55000.

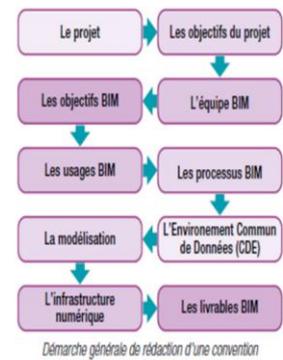
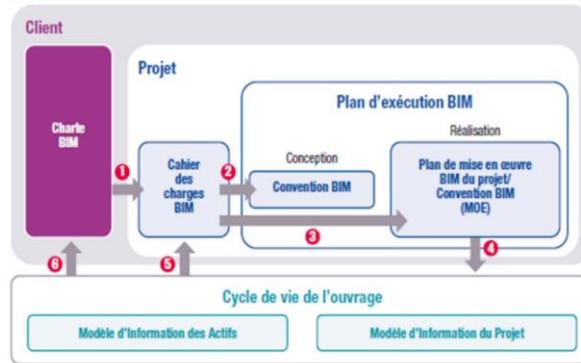
<sup>27</sup> Project Information Model : modèle d'information du Projet, se rapportant à la phase de réalisation

<sup>28</sup> Asset Information Model : modèle d'information des Actifs, se rapportant à la phase d'exploitation

<sup>29</sup> « Au début du projet (étape A) les informations du projet qui seront gérées selon le modèle PIM dans la phase DELIVERY, sont en partie tirées des données gérées en phase OPERATIONAL via le modèle AIM. Rien n'indique que ces données doivent être recopiées. La phase DELIVERY devrait donc pouvoir accéder à ces données sans les recopier, afin de créer ses propres données (étape B) pendant la conception du nouveau projet. Les données créées pendant la conception devront ensuite être mise à disposition (étape C) de la phase OPERATIONAL, toujours dans la continuité numérique, c'est-à-dire sans avoir à recopier ces données sur un nouveau support. »

Pour l'étape A, la norme indique un « Handover », c'est-à-dire une remise des données à un nouveau processus de gestion, un basculement de la gestion des données depuis le processus OPERATIONAL vers le processus DELIVERY. On observe le basculement inverse dans l'étape C.

## Modèles d'informations



30

Les données nécessaires au fonctionnement du cycle de vie de l'ouvrage sont structurées selon deux modélisations distinctes : **modèle d'information des Actifs** et **modèle d'information du Projet**.

## Modèles d'informations des ACTIFS

Une partie des **données est propre à l'ouvrage**, modélisée selon le **modèle<sup>31</sup> d'information des ACTIFS**.

Ces données servent tout le long du cycle de vie de l'ouvrage. Elles sont la **base de la conception des évolutions d'un ouvrage**, puis la **base de l'exploitation, la maintenance et la destruction de l'ouvrage**.

*Ces données propres à l'ouvrage sont simultanément gérées par les processus DELIVERY et OPERATIONAL. Par exemple, les données décrivant une fenêtre seront simultanément gérées par les processus OPERATIONAL pour la maintenance de la fenêtre et par les processus DELIVERY en tant que référence pour le projet de renouvellement des vitrages de la fenêtre.*

## Modèles d'informations des PROJETS

L'autre partie des **données est propre aux processus métiers**, modélisée selon le **modèle d'information du projet**.

Ces données dépendent du projet et non pas des actifs. La gestion de ressources humaines, la gestion de stock, la gestion de patrimoine, les WBS de gestion du projet, ... sont autant d'exemple de données qui entrent dans ce cadre.

*Reprenons l'exemple de la fenêtre. Le processus OPERATIONAL aura besoin de gérer des ressources pour réaliser la maintenance de la fenêtre. D'autre part, le processus DELIVERY aura besoin de gérer le planning global de remplacement des fenêtres de l'immeuble.*

## Construction des modèles AIM et PIM à partir des exigences

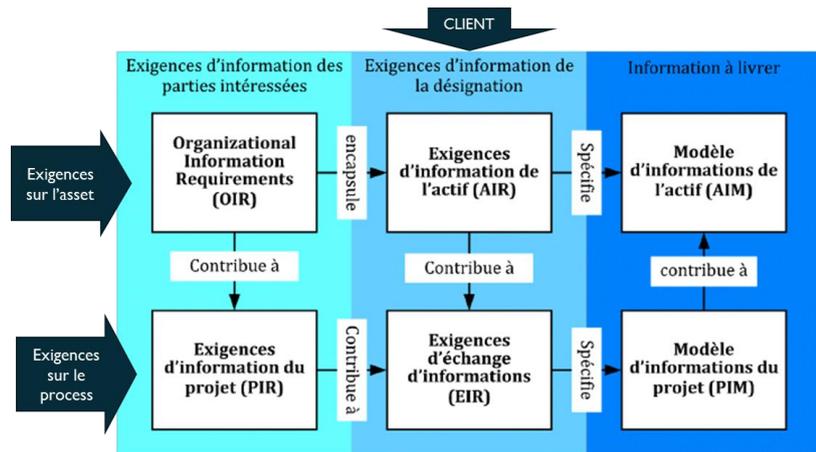
L'ISO 19650 indique aussi comment construire les modèles d'informations en explicitant les objectifs<sup>32</sup> des exigences en matière d'information à livrer :

*« Il est recommandé de formuler les exigences d'information associées à la phase de réalisation d'un actif en termes d'étapes de projet que la partie désignante ou la partie désignée principale prévoit d'utiliser. Il convient d'exprimer les exigences d'information associées à la phase d'exploitation d'un actif en termes d'événements déclencheurs prévisibles pendant le cycle de vie tels que la maintenance planifiée ou réactive, l'inspection des équipements de lutte incendie, le remplacement de composants ou le changement du fournisseur de services de gestion des actifs. »*

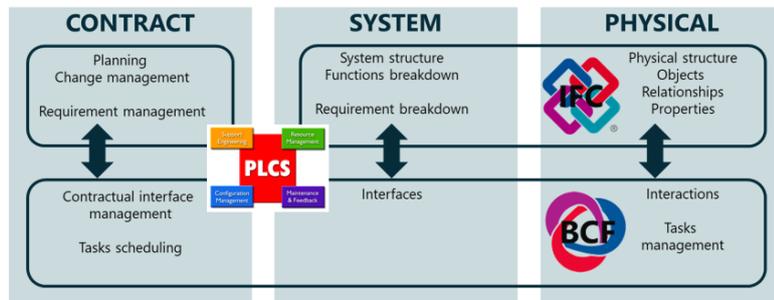
<sup>30</sup> Schéma tiré de la thèse de Charles Edouard Tolmer

<sup>31</sup> Cette modélisation des actifs est typiquement celle développée au sein de MINnD par exemple.

<sup>32</sup> Selon l'ISO 19650, les objectifs peuvent comprendre le registre des actifs, un support pour la conformité et les responsabilités réglementaires, le management du risque, le support pour les questions opérationnelles, la gestion des capacités et de l'utilisation, la gestion de la sécurité et de la surveillance, le soutien à la rénovation, les impacts prédicts et réels, l'exploitation, la maintenance et la réparation, le remplacement, la mise hors service et l'élimination.



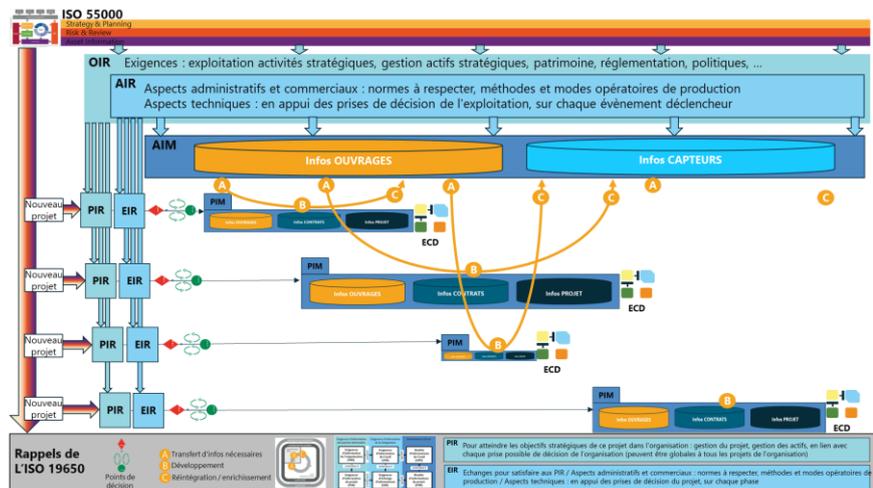
Chaque étape OIR, AIR, PIR et EIR est précisément documentée dans l'ISO 19650. À noter que de nombreux standards existent pour implémenter ce schéma. Voici un exemple :



Les plateformes collaboratives doivent permettre de supporter les processus imbriqués de gestion des exigences et de gestion des informations.

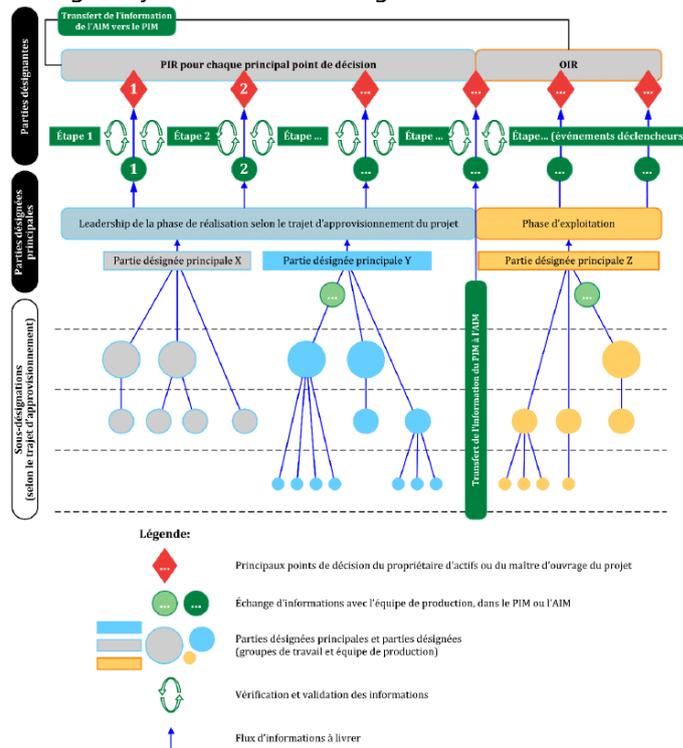
Lien entre les exigences processus stratégiques de l'ISO 55000 (gestion du patrimoine) et les exigences de l'ISO 19650

Les processus stratégiques d'une organisation pour la gestion de son patrimoine, tels que décrits dans l'ISO 55000, permettent de construire les exigences OIR et AIR de l'ISO 19650, ainsi que les modèles de données du patrimoine sous forme d'AIM. Lorsque cette organisation décide de lancer un projet, des exigences PIR et EIR sont définies par rapport au projet et par rapport aux OIR et AIR de l'organisation. Et un modèle de projet est défini sous la forme d'un PIM géré au sein d'un CDE. Il y a un seul AIM pour l'organisation, mais autant de PIM / CDE que de projets portés par l'organisation.



**Liens entre exigences, processus et gestion de l'information**

L'ISO 19650 explicite comment les processus associés aux phases de réalisation et d'exploitation échangent leurs informations dans les modèles structurés AIM et PIM tout au long du cycle de vie des ouvrages.



**Environnement Commun de Données**

Parmi les points importants de la méthodologie BIM, figure la gestion des informations au sein d'un Environnement Commun de Données (CDE au sens de la BS 1192:2007).

**L'Environnement commun de données est une « source convenue d'informations sur un PROJET ou un ACTIF donné, utilisé pour collecter, gérer et diffuser chaque conteneur d'information par le biais d'un processus géré. » selon l'ISO 19650-1.**

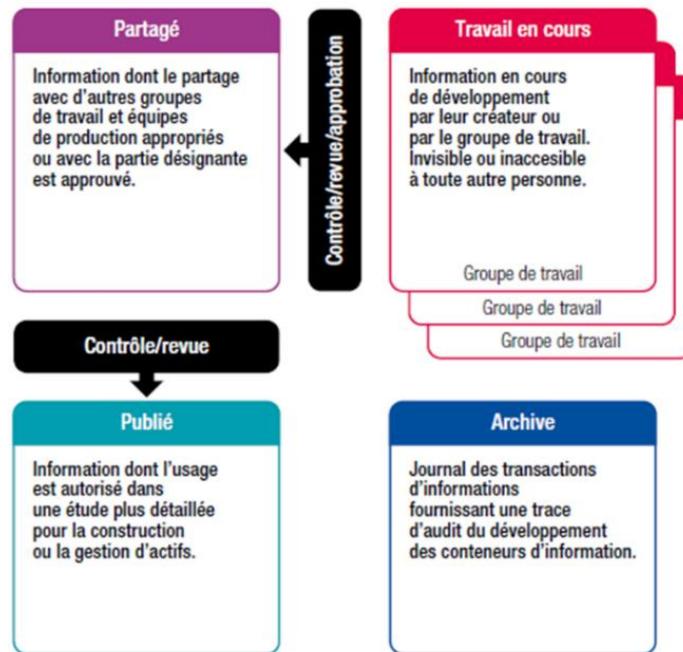
L'ISO 19650 précise qu'un CDE doit être ouvert pour toute nouvelle phase de réalisation ou d'exploitation.

« Un processus de gestion de l'information est lancé à chaque désignation d'une nouvelle phase de réalisation ou d'exploitation, que cette désignation soit formelle ou informelle » selon l'ISO 19650-1.

L'ISO 19650 précise que le CDE est une vision logique virtuelle qui peut être supportée par différents systèmes informatiques dans différents espaces géographiques.

« Il est possible que tout le modèle d'information ne se cantonne pas à un seul lieu physique, en particulier pour les actifs ou les projets de grande envergure ou complexes, ou les équipes géographiquement très dispersées. Le travail collaboratif à base de conteneurs d'information permet de répartir le flux de travaux du CDE entre différents systèmes informatiques ou différentes plates-formes technologiques. » selon l'ISO 19650-1

L'environnement commun de donnée définit 4 états pour le traitement de l'information.



Concept d'un environnement commun de données (CDE)

### 3.4 BIM et PLM

#### PLM dans l'industrie

De tout temps, l'industrie manufacturière a été confrontée à la difficulté de gérer la diversité des familles de produits (avec les différentes versions, les différentes options qui peuvent se combiner) et de prendre en compte la gestion des données d'après-vente des produits – c'est-à-dire les données liées à la phase d'exploitation et de maintien en condition opérationnelle. Les enjeux sont économiques, ils concernent aussi l'amélioration de la qualité, la disponibilité des équipements, la capacité à innover, la fidélisation de la clientèle, ....

Cela a donné lieu à l'émergence d'une discipline informatique, le PLM – *Product Life Cycle Management* – qui s'est développée depuis la fin des années 90, avec pour objectif de faciliter :

- le partage des données et la collaboration entre les différents acteurs sur tout le cycle de vie des produits,
- le *re-use* des données des produits d'une variante à une autre,
- la gestion des configurations matérielles,
- la gestion des évolutions,
- le maintien en condition opérationnelle des produits sur le terrain,
- la gestion du RETEX (retour d'expérience)
- ... et plus récemment, pour implémenter des jumeaux numériques.

Ci-après, 2 illustrations empruntées à CIMdata (un cabinet de conseil en marketing technique) qui mentionnent les principaux domaines métiers du PLM.

## The Product Lifecycle: End-to-End Information Flow

Product data touches all phases of a product's life—end-to-end connectivity & optimization are critical



PLM Solutions—Information Management across Media, Process, Time, Geography & Enterprise

CIMdata

Copyright © 2020 by CIMdata, Inc.

7



Malgré les différences de contexte entre l'industrie manufacturière et le BTP, l'expérience acquise en PLM dans le monde industriel peut être une source d'enseignement pour le BTP et en particulier pour la mise en œuvre de CDE efficaces et d'environnement de collaboration.

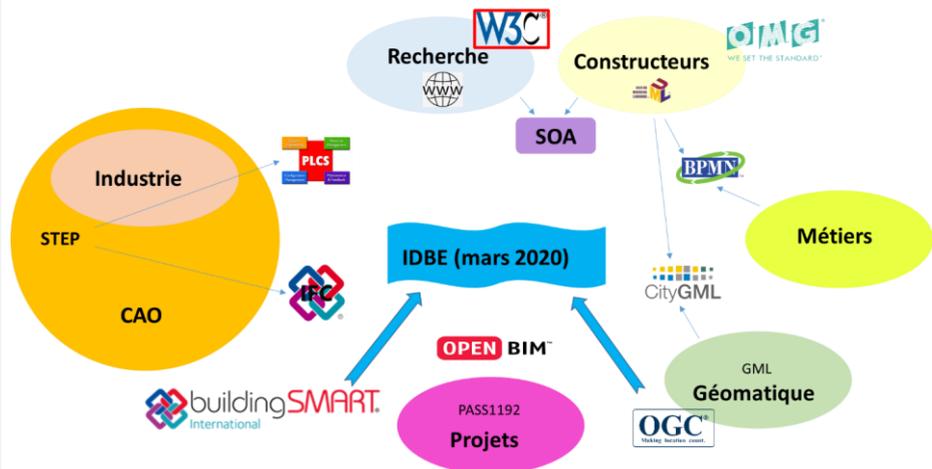
Rappelons que pour Chuck Eastman (le « père » du BIM), le PLM est le futur du BIM : *"PLM solutions can play the role of a unifying platform that captures, integrates and shares the object-based information generated by BIM-based authoring, analysis, and simulation applications."*

### 3.5 Quels critères pour une architecture numérique optimale ?

#### Contexte des standards

Le schéma ci-après représente une synthèse des standards qui constituent l'environnement actuel.

## STANDARDS, NORMES, 50 ANS D'HISTOIRE



Le schéma ci-dessous montre où ces standards interviennent dans les différentes couches de l'architecture numérique.

## ARCHITECTURE NUMÉRIQUE, BRIQUES FONDAMENTALES

Métiers	Système d'information		
	Données	Traitements	
 <b>BPMN</b> (modéliser le métier) 2004	 <b>STEP</b> (Modéliser la donnée CAO) 2005 Formats d'échanges (IFC, BCF, ...)	 <b>GML</b> (Modéliser la donnée géographique en XML/UML) 2007 Formats d'échanges CityGML, infraGML, indoorGML ...	Logique séquentielle, IA, Deep Learning, ...
Plateforme collaborative	Jumeau numérique		Outils métier
 <b>SOA</b> (architecture de service) 2003			
 <b>BIM</b> (Méthode de gestion de la donnée numérique) 2018			
 <b>PLM</b> (Gestion du cycle de vie des produits) 2005			

### Constituants clés de l'architecture numérique

Dans les chapitres précédents, nous avons pu constater :

- La diversité et l'évolutivité rapide des méthodologies d'organisations humaines,
- L'état de l'art des pratiques collaboratives et des outils observés sur le terrain,
- Les critères d'une plateforme collaborative optimisée :
  - permettre au groupe de réussir ses challenges, et notamment économiques,
  - gérer la notion de tiers de confiance,
  - s'adapter dynamiquement à son environnement (acteurs, maturité de groupe, générations, cultures, métiers, ...),
  - gérer la complexité croissante,
  - s'adapter à l'humain et non pas l'inverse.
- Les impératifs de la gestion de la donnée numérique :
  - le lien étroit entre la propriété de la réalité et celle de la donnée numérique,
  - gérer la propriété intellectuelle,
  - modéliser, structurer la donnée,
  - gérer la préservation de la donnée dans le temps, sa protection,

- gérer l'accès à la donnée.
- Les exigences du contexte normatif et réglementaire tant du point de vue de la gestion des organisations que du point de vue de la gestion des informations et des données.
  - Les données des actifs (systèmes à faire) sont strictement séparées des données des projets (systèmes pour faire)
  - La gestion des données numériques passe obligatoirement par la mise en œuvre d'un Environnement Commun de Données (espace de métadonnées permettant de gérer les données du projet selon la méthodologie BIM).

Six éléments émergent de notre analyse :

- Les processus métier définissent comment sont prises les décisions à partir des données. Ce sont des successions d'analyses, de prises de décisions et d'actions qui s'appuient sur une représentation métier des données numériques. Pour chaque projet, une « **plateforme collaborative** » est créée afin d'assister les acteurs du projet dans les activités liées au déroulement des processus métiers. Elle permet de présenter les données pertinentes à chaque étape du processus métier, mais aussi de contrôler que toutes les étapes du processus métier ont bien été correctement déroulées.
- Les processus métiers consultent et modifient ces données numériques au fil des décisions et des actions. Des « **outils métier spécialisés** » sont nécessaires pour intervenir sur les données en lecture et en écriture<sup>33</sup>.
- Les données numériques, indépendamment de leur signification pour les métiers, doivent être stockées et gérées selon des exigences réglementaires ou normalisées. Pour chaque ensemble de données appartenant à un même propriétaire, un « **espace de stockage intelligent fournisseur de services** » est créé afin de contrôler le respect des exigences et d'héberger ces données.
- « Plateformes collaboratives », « espaces de stockage » et « outils métiers » doivent communiquer selon des **protocoles standards ouverts** dans **des architectures orientées services**, échangeant des conteneurs de **données structurées dans des formats ouverts**.
- Le cœur de l'architecture numérique est la donnée. Afin de garantir la continuité numérique, la donnée n'est jamais dupliquée, mais ce sont **des méta-données inscrites dans le CDE du projet** concerné qui permette à tout moment d'identifier les données concernées par un traitement. Un CDE dédié est créé pour chaque projet.
- Le Jumeau Numérique est une collection de services rendus par des plateformes collaboratives qui ont accès à des collections de données accessibles sous la forme de services.

Ces 6 éléments décrivent les constituants fondamentaux d'une architecture numérique optimale.

<sup>33</sup> Par exemple des outils CAD pour des données représentant des géométries, ou des outils SIG pour des données cartographiques, ou des outils audiovisuels pour des données vidéos et audios, ...

## 4. DÉTAIL DE L'ARCHITECTURE NUMÉRIQUE PROPOSÉE

### 4.1 Principes fondamentaux

#### Trois principes fondamentaux

##### 1<sup>er</sup> principe fondamental

**Le premier principe** vise à prendre en considération la propriété des données et la responsabilité totale du propriétaire des données pour tout ce qui les concerne. On confie au propriétaire des données, l'exclusivité de leur stockage dès le début du projet qui crée les données et jusqu'à leur obsolescence définitive qui pourrait intervenir de nombreuses années après la destruction de la réalité physique représentée par ces données.

Ce **premier principe fondamental est l'exclusivité du stockage des données chez leur propriétaire** permet de répondre à plusieurs exigences :

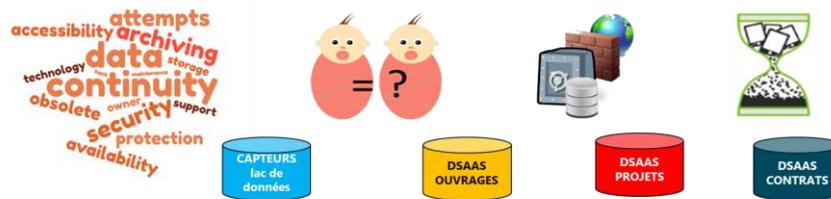
- la non duplication des données qui permet d'éviter des erreurs de copies et leurs conséquences ; elle permet aussi d'optimiser l'impact environnemental
- la continuité numérique qui permet d'optimiser la traçabilité
- la sécurisation des données
- la garantie du respect de la propriété intellectuelle

Ce principe fondamental d'exclusivité du stockage des données chez leur propriétaire lui donne les moyens d'assumer sa pleine responsabilité concernant :

- la conservation des données au fil du temps, malgré les obsolescences technologiques des supports qui les enregistrent,
- la protection des données contre des aléas qui pourraient les modifier suite à une altération des supports qui les enregistrent,
- la sécurisation des données face à des attaques malveillantes visant à les détruire, à les modifier ou les voler,
- le respect des engagements de mise à disposition des données dans des cadres contractuels prédéfinis. Par exemple la mise à disposition de l'exhaustivité des données en cas de procédure contentieuse.

Dans l'architecture proposée, on distinguera donc **plusieurs systèmes de stockage capables de stocker et de gérer des données en contrôlant les accès exclusivement via des services WEB standardisés et ouverts**. Ces systèmes sont couramment nommés **DSaaS (Data Storage As A Service)**. Plusieurs familles de DSaaS ont été identifiées :

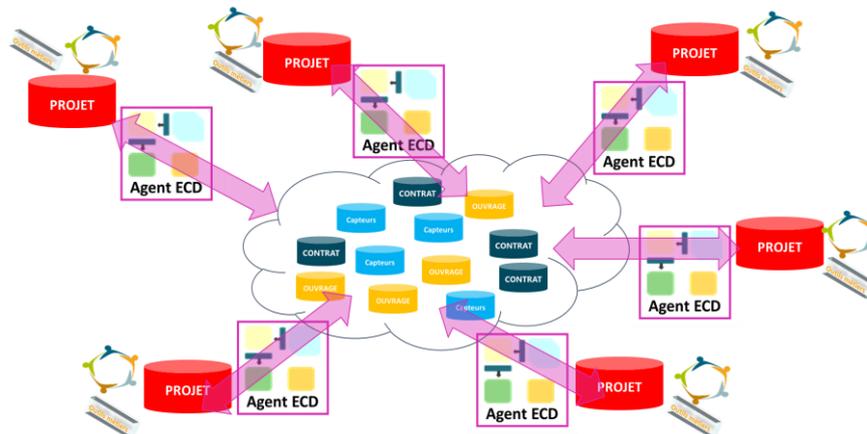
- CAPTEUR pour des données dynamiques issues de mesures
- PROJET pour les données de gestion de projet, c'est-à-dire structurées selon un modèle PIM du « système pour faire »
- OUVRAGE pour les données des ouvrages, c'est-à-dire structurées selon un modèle AIM du « système à faire »
- CONTRAT pour les données contractuelles confiées à des tiers de confiance
- CDE pour les données de gestion de l'Environnement Commun de Données



Nombre de propriétaires de la réalité représentée	0	1	2 ou plus
Propriétaire de la donnée	Le donneur d'ordre	Le propriétaire de la réalité (généralement le donneur d'ordre)	Le tiers de confiance
Propriété intellectuelle de la méthode de création de la donnée	La personne qui a construit les données est propriétaire de la méthode de construction utilisée. De plus il est responsable de la cohérence entre la réalité et les données créées pour représenter cette réalité.		Le responsable du projet
			Les parties concernées par le contrat

**2<sup>ème</sup> principe fondamental**

**Le deuxième principe** permet de prendre en considération l'existence de nombreux projets qui utilisent dans un même espace-temps, tout ou partie d'un même ensemble de données.



L'ISO 19650 spécifie que l'Environnement Commun de Donnée constitue le pilier de la collaboration d'acteurs sur un projet, en gérant l'évolution des données au cours d'un projet.

L'ISO 19650 précise aussi les processus à suivre pour collaborer et utiliser les données gérées par l'ECD.

Le **deuxième principe fondamental** retenu par le Groupe de Travail 6-2 **est donc l'existence impérative pour chaque projet, d'un acteur virtuel nommé Agent CDE** dont le rôle central va être de faciliter la collaboration des acteurs dans le respect des exigences de l'ISO 19650, c'est à dire :

- de gérer les flux de conteneurs d'informations entre les parties prenantes dans le respect des exigences
- de contrôler tous les accès aux acteurs du projet en fonction des exigences du projet et des propriétaires des données
- de garantir la cohérence entre les modifications des données appartenant à différents propriétaires, au sein d'un même projet

**3<sup>ème</sup> principe  
fondamental**

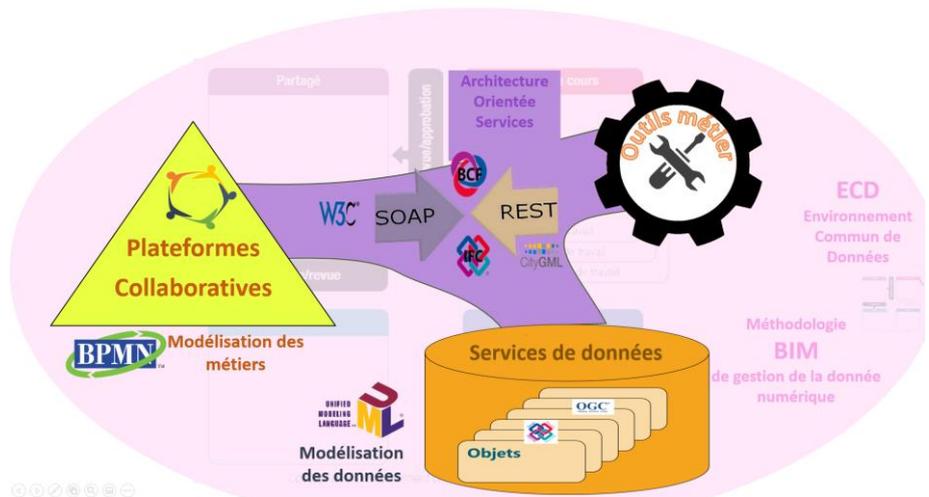
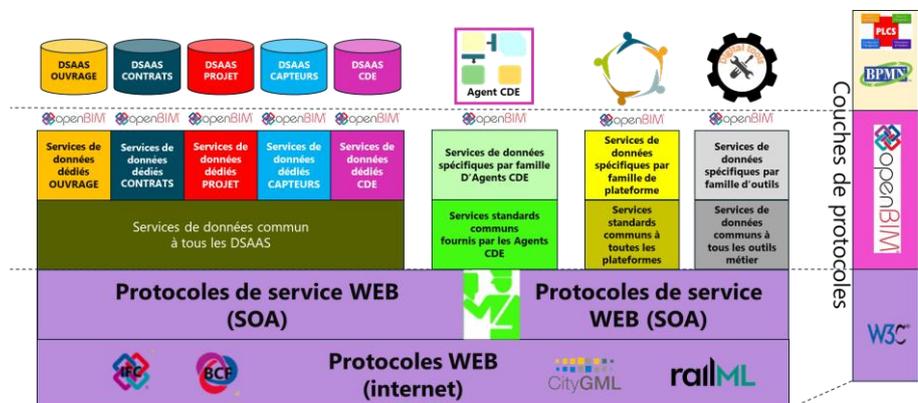
**Le troisième principe** permet de prendre en considération l'Etat de l'Art de l'informatique actuelle, ainsi que d'apporter une ouverture et une adaptabilité maximal de l'architecture proposée.

Ce **troisième principe fondamental est donc la création d'une architecture reposant intégralement sur les protocoles WEB et les protocoles de service du W3C.**

Il en résulte plusieurs conséquences :

- Les espaces de stockage de données deviennent des fournisseurs de services WEB de stockage des données
- Les outils métier et les plateformes collaboratives deviennent des utilisateurs de services WEB
- L'Agent ECD prend la forme d'un fournisseur de services WEB pour les outils et les plateformes collaboratives, ainsi qu'un utilisateur des services WEB de stockage

De plus il autorise et contrôle les flux échangés entre les outils / plateforme collaborative d'une part, et les services de stockage d'autre part.



## 4.2 Principes de fonctionnement

### Partie désignante et partie désignée

Selon les fondamentaux de la méthodologie BIM, tout part d'un contrat entre une partie désignante et une partie désignée principale.

Ce contrat est géré par un tiers de confiance.

Il est la base du « Plan d'Exécution BIM » qui va décrire précisément :

- Les données d'entrée qui devront être accessibles :
  - Données appartenant à la partie désignante, statiques et structurées selon le modèle AIM, ainsi que dynamiques
  - Données externes, privées ou publiques, statiques et dynamiques
- Les livrables du projet, contrôlés par un ou plusieurs tierces parties indépendantes du projet
- Les acteurs intervenant sur le projet, en tant que parties désignées principales ou parties désignées secondaires

Puis la partie désignée principale va aussi organiser la production de données :

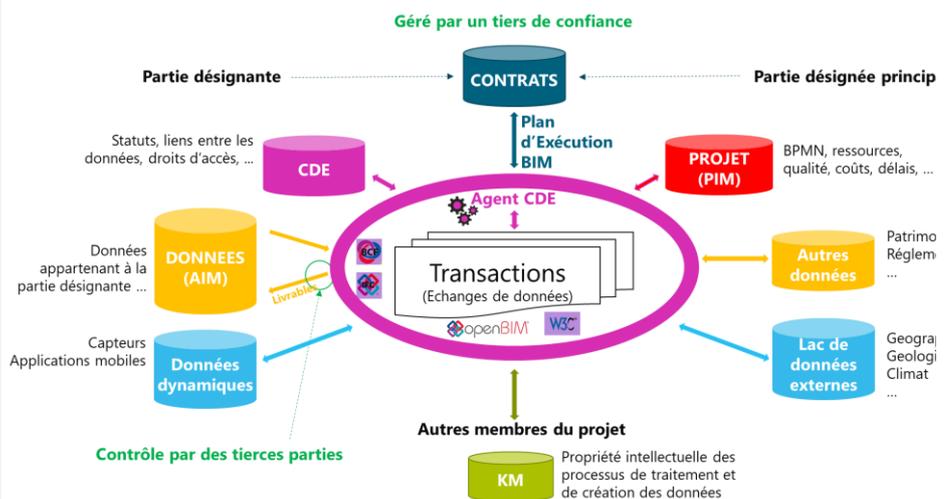
- Données de gestion du projet, structurées selon le modèle PIM
- Données des contrats avec les parties désignées secondaires
- Données de gestion du CDE

Les données sont échangées via des transactions standardisées.

Les acteurs chargés du traitement et de la création de données sont propriétaires des processus qu'ils utilisent.

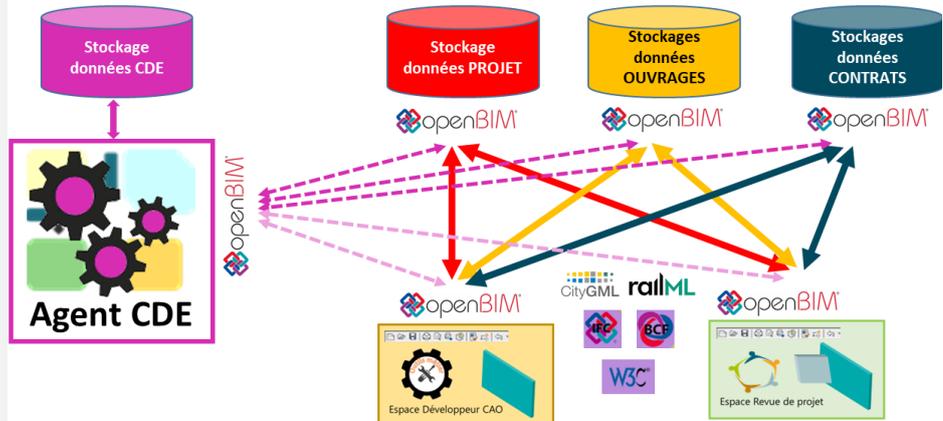
Les données produites dans le cadre de ce contrat sont la propriété exclusive de la partie désignante.

L'Agent CDE est chargé d'assister les acteurs du projet en facilitant le respect des exigences.

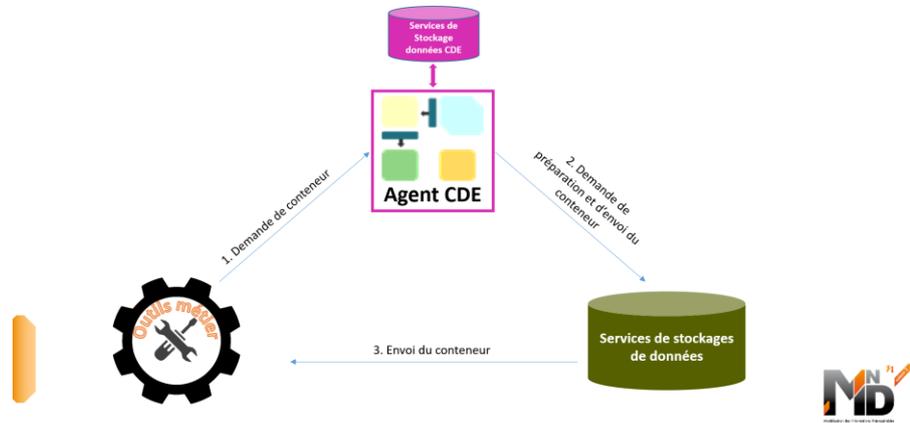


## Détail des transactions

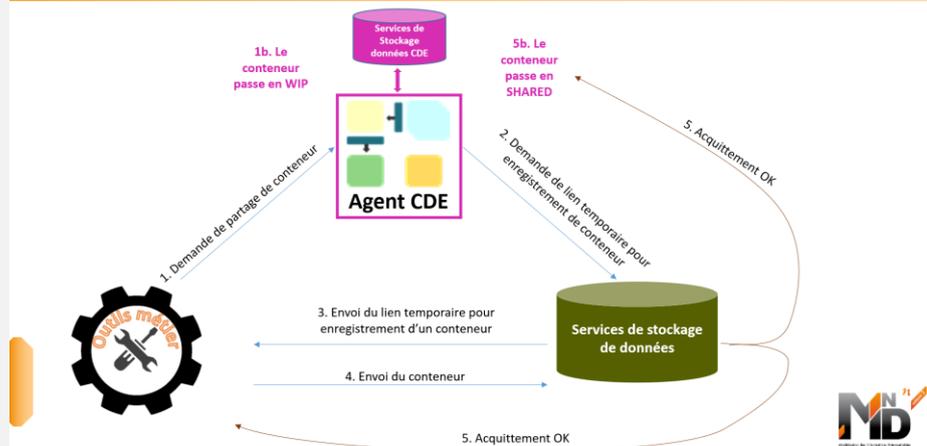
C'est l'Agent CDE qui est le point central, fournisseur de services à l'ensemble des acteurs, qu'il contrôle. Il fait le lien avec les fournisseurs de services de données selon un modèle s'inspirant du modèle MVC (Model View Contrôler).



## CONTRÔLE D'UNE DEMANDE DE LECTURE D'INFORMATIONS



## CONTRÔLE D'UNE DEMANDE DE PARTAGE D'INFORMATIONS



### Les axes importants

Les axes importants pour gérer la donnée sont :

- Capturer la donnée : **nouvelles technologies**, IoT, Lidar, Drones, ...
- Structurer la donnée : **modélisation**, normalisation, standard ouverts, ontologie, sémantique, ...
- Stocker la donnée : **maquettes numériques**, data center, énergie, blockchain, ...
- Exploiter la donnée: **continuité numérique**, big data, machine learning, deep learning, ...
- Travailler ensemble avec à la donnée : outils, portails, **plateformes collaboratives**...

Les axes importants pour faire évoluer nos organisations sont :

- Réflexion sur **les spécificités métier** : modélisation des métiers, BPMN, ...
- Organiser le travail : **nouvelles méthodologies**, optimiser l'échange entre silos...
- **Travailler ensemble** : générations différentes, multiculturel, lieux, créativité, innovation, ...
- Nouveaux outils : **plateformes collaboratives**, outils collaboratifs, outils supportant des standards ouverts publics, ...
- Optimiser : outils numériques de conception, **continuité numérique**, coût économique, la gestion de la propriété intellectuelle ...
- **Accompagnement au changement** : préserver les savoir-faire, former aux nouveaux outils, ...

La norme ISO 19650, qui définit la méthodologie BIM, impose un cadre fondamental sur :

- **Organisation et numérisation des informations** relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris **Modélisation des Informations** de la Construction (BIM)
- **Gestion de l'information** par la modélisation des informations de la construction

Autour de la maquette qui rassemble les données du cœur de nos métiers, se greffent **des outils métier spécifiques** tels que :

- **des outils de contrôle des processus** (suivi des exigences, planification, PLM...)
- **des outils d'analyse de données volumineuses** (Big Data, Deep Learning, Machine Learning, Intelligence Artificielle),
- **des outils métier** (Gestion du patrimoine, Études, Construction, Exploitation, Maintenance...)
- **des outils d'intégration de données en temps réel** (IoT, GTC, SAE, Collectes terrain, Lidar, Drones, Vidéos, Audios, ...)
- ...

Une telle architecture nécessite **une évolution des outils pour qu'ils sachent accéder à des données via des services** et non plus via des fichiers. On notera que **les outils SIG ont une forte avance technologique** sur ce point, puisqu'ils utilisent déjà des services de données depuis de nombreuses années, ce qui n'est pas encore le cas pour les outils 3D, ainsi que pour la grande majorité des outils métier.

L'objectif de la proposition d'architecture numérique du Groupe de Travail 6-2 est de booster l'écosystème numérique en proposant un système ouvert basé sur des services numériques.

## 4.3 Espaces de stockage

### Données stockées

**Les données stockées constituent une représentation partielle d'une réalité physique (ouvrage, contrat, savoir-faire, projet, description de contexte, ...).**

## Définitions

Il s'agit d'une représentation partielle car l'intégralité de la réalité ne pourra jamais être numérisée et traduite en données. Les données représenteront la réalité de manière plus ou moins détaillée au fil du temps, selon les exigences liées à l'utilisation de ces données.

Garder en mémoire que **le coût environnemental du stockage** est lié au volume des données stockées et qu'il est important de mettre en place une stratégie fine de stockage et d'archivage des données.

D'autre part, **le stockage des données numériques** doit respecter des contraintes normatives tant sur les formats que sur la gestion des données, indépendamment du sens (ce que la donnée représente dans le monde réel) de la donnée numérique. L'espace de stockage est associé à des processus internes qui permettent d'implémenter et de vérifier le respect de ces contraintes. Ce sont des espaces de stockage « intelligents » qui fournissent **des services de gestion de la donnée numérique brute**.

Le terme de **DSaaS (Data Storage as a Service)** est utilisé dans la suite de ce chapitre pour désigner les espaces « intelligents » de stockage de la donnée, qui sont en fait une extension des GED actuelles.

## Rôles et responsabilités

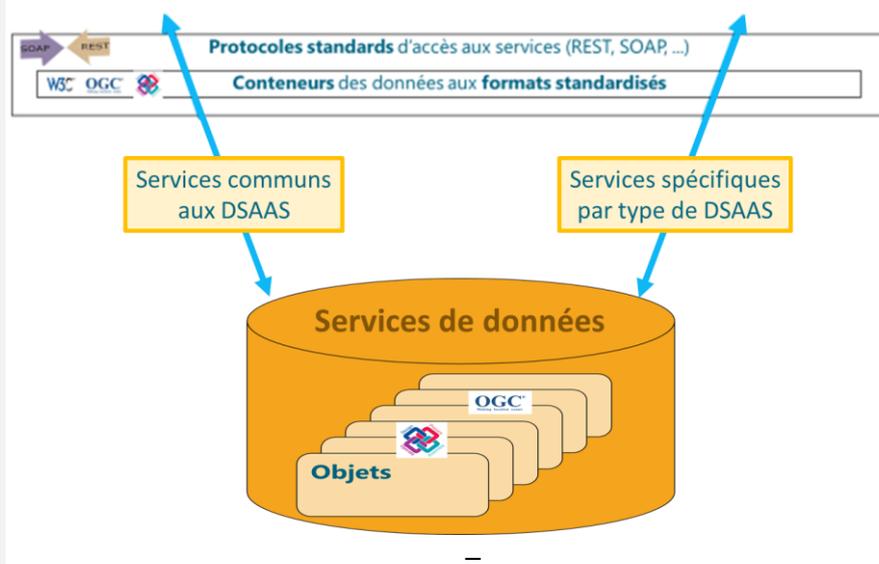
Le propriétaire des données stockées est le propriétaire de la réalité représentée par ces données.

Toutes les responsabilités portées par le propriétaire sur la réalité représentée, sont aussi portées par le propriétaire sur les données représentant cette réalité.

De plus, le propriétaire est responsable de la cohérence entre la réalité et les données représentant cette réalité, c'est-à-dire de s'assurer que toute évolution de la réalité soit reportée dans les données qui la représentent.

Le rôle du DSaaS est de stocker et de donner accès aux données numériques dans le respect des contraintes imposées par le propriétaire des données et par l'environnement normatif et réglementaire.

À noter que les données peuvent représenter des réalités très variées telles que des ouvrages, des projets ou même des contrats (reliant deux propriétaires du contrat et faisant l'objet d'un espace de stockage unique). (Cf. p. 38 à 40)



## Fonctionnalités majeures

### Accès aux données

Afin que le DSaaS s'intègre facilement dans un environnement numérique, les accès en lecture et en écriture de la donnée doivent s'effectuer indirectement **via des**

**services** implémentés selon **des protocoles standardisés et ouverts**, tels que SOAP ou REST par exemple.

L'intérêt de passer par un service pour accéder aux données est que le DSaaS soit capable **d'effectuer un certain nombre de contrôles sur les données** avant d'accepter la lecture ou l'écriture de celles-ci. D'autre part, l'accès aux données via des services permet de **standardiser les échanges**, quel que soit l'implémentation technologique qui aura été choisie pour le DSaaS.

Ainsi, pour chaque service demandé, un conteneur est transporté avec les données standardisées (IFC, OGC, W3C, ...) nécessaires au bon fonctionnement du service demandé.

*Par exemple, un espace de décision (plateforme collaborative) pourrait demander au DSaaS l'ensemble des données concernant un mur. La demande pourrait être transmise via SOAP sous la forme d'une demande de service LECTURE\_DONNEES avec un conteneur contenant l'identifiant unique du mur. La réponse du DSaaS via un service SOAP contiendra le conteneur des données du mur au format IFC.*

#### Accès pérenne aux données

Les données représentant une réalité ont une durée de vie corrélée à la vie de la réalité représentée.

Elles doivent *a minima* être accessibles pendant toute la durée du cycle de vie de l'ouvrage réel quand il s'agit d'un ouvrage physique. Mais la conservation des données est aussi soumise à une réglementation qui peut imposer des durées beaucoup plus longues.

Le DSaaS est donc garant de l'accessibilité aux données tout au long de la période exigée. Ce qui impose de faire évoluer les supports de stockage de la donnée au fil des obsolescences technologiques et au fil des évolutions normatives et réglementaires.

#### Sécurisation des données, contrôles des accès

Le DSaaS est garant de la sécurisation de l'accès aux données, tout comme le propriétaire d'un ouvrage est garant de la sécurisation des accès à l'ouvrage, y compris de l'historisation des accès.

L'accès au DSaaS passe par l'Environnement Commun de Données du projet qui a besoin des données hébergées par le DSaaS. Le CDE donne accès à la seule partie des données qui est nécessaire au projet et autorisée par le DSaaS. Les accès peuvent être gérés classiquement par utilisateur, par type de profil, par groupe, ...

Une fois les accès autorisés, les acteurs du projet ne pourront avoir d'action que sur les données autorisées par le CDE qui a été ouvert et dédié au projet.

À noter que la définition des droits d'accès est à la charge du projet demandeur. Lui seul est à même d'indiquer quelles sont les informations nécessaires à tel ou tel acteur du projet. Une fois que la définition des droits d'accès est établie, elle est transmise sous forme de demande au propriétaire des données, lequel validera cette demande avant que le responsable du projet ne puisse implémenter les droits demandés dans le CDE du projet.

#### Exigence de performance

Le DSaaS est fournisseur de services numériques pour l'ensemble des espaces de prise de décision (plateformes collaboratives), en temps réel. Des exigences sont importantes à poser en termes de temps d'accès, de nombre d'accès simultanés, de débit de données, ... et celles-ci peuvent être sources de contraintes d'implémentation physique du DSaaS.

#### Archivage long terme et accès à celui-ci

À noter que les données hébergées doivent faire l'objet d'une stratégie d'archivage à long terme. Le LOTAR<sup>34</sup> développe des standards dans ce domaine, qui sont publiés dans la série EN9300.

<sup>34</sup> L'ONG Term Archiving and Retrieval : <https://afnet.fr/dotank/sps/plm-committee/lotar/>

### Technologies d'implémentation

Les challenges pour le développement d'un DSaaS sont principalement technologiques.

Le DSaaS est supporté par une plateforme de stockage de la donnée numérique, gérée selon des processus définis dans les normes et les standards. Différentes technologies informatiques éprouvées peuvent permettre de garantir les performances d'une telle plateforme. Ce sont des technologies de stockage et de transmission de données classiquement utilisées pour implémenter des GED.

Citons les bases de données SQL et No SQL, dont les performances en charge sont très différentes dans le cas de gros volumes de données.

Les technologies DAS, NAS, SAN permettent une adaptation des performances de transfert.

Le blockchain et les conteneurs de micro-services permettent de combiner le stockage et l'exécution d'un contrat ou d'un service de traitement des données stockées.

### Marketing, « gammes de jumeaux »

On peut imaginer dans le futur l'existence de gammes de DSaaS génériques, différenciés par leurs performances, par leurs capacités à implémenter différents standards de données numériques ou différents protocoles de services, par leur capacité en terme de nombre maximum d'objets simultanés, par l'implémentation de services à valeur ajoutée (contrôle de cohérence des données entrantes par rapport aux standards, contrôle des règles spécifiques au propriétaire de l'ouvrage, ...)

Concernant l'accès élargi aux DSaaS, et en particulier l'accès aux DSaaS des données ouvertes au public, on pourrait imaginer l'existence de magasins d'applications qui permettent d'accéder plus facilement aux données publiques contenues dans les DSaaS.

Concernant l'accès aux DSaaS contenant des volumétries importantes de données ou des données très volatiles, on pourrait imaginer l'existence d'API ouvertes permettant une connexion plus efficace aux données pour une exploitation temps réel ou big data.

## 4.4 Espaces de prises de décision (plateformes collaboratives)

### Collaboration entre acteurs

#### Définition

La plateforme collaborative est un espace facilitant la collaboration d'acteurs autour d'un projet.

Cet espace donne **accès de façon compréhensible** pour l'ensemble des acteurs du projet, aux données métier qui leur permettront de **prendre les décisions optimales** pour le projet, puis de **tracer ces décisions**.

#### Rôles et responsabilités

L'entité responsable de mener à bien un projet est la propriétaire de la plateforme collaborative du projet.

La plateforme collaborative donne accès de façon contrôlée aux **moyens permettant le pilotage et l'exécution du projet, dans les règles de l'art** du domaine concerné et **de façon adaptative**. La prise de compétences des acteurs au fil du projet permet une augmentation de la maturité de la collaboration en eux. L'intégration de nouveaux acteurs, potentiellement de culture ou de générations différentes de celles du groupe est aussi une facilité apportée par la plateforme collaborative.

*À titre d'exemple, chaque projet porté par une organisation humaine pourrait utiliser sa plateforme collaborative dédié. C'est le cas d'une entreprise qui rassemble des Humains autour d'un objectif d'entreprise et capitalise des*

connaissances métiers. C'est le cas d'un projet d'étude et réalisation d'un ouvrage. C'est le cas d'un projet d'exploitation d'un ouvrage. ...

L'entité responsable du projet est amenée à gérer *a minima* deux jeux de données :

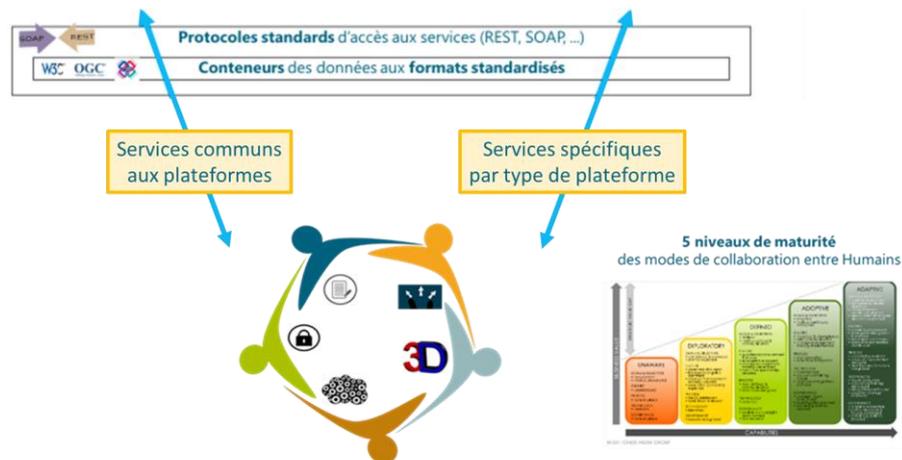
- L'exécution du projet nécessite un jeu de données représentant l'ouvrage concerné par le projet. Ce jeu de données appartient au propriétaire de l'ouvrage et est géré au sein du DSaaS de l'ouvrage. Les acteurs du projet seront amenés à modifier ce jeu de donnée sous la responsabilité de l'entité responsable du projet, et en accord avec le propriétaire de l'ouvrage.
- Le pilotage du projet nécessite un jeu de donnée permettant la gestion du projet dans toutes ses dimensions (Coût, Qualité, Délais, ...) et dans le respect des exigences des standards existants. Ce jeu de donnée appartient à l'entité responsable du projet et est gérée au sein du DSaaS du projet.

La plateforme collaborative fournit tous les moyens nécessaires pour que l'entité responsable du projet puisse **garantir à tout instant la cohérence entre les modifications qu'elle induit sur les différents jeux de données**. Elle permet de visualiser le point central, le point de vérité du projet.

La plateforme collaborative a un rôle important dans **la protection de la propriété intellectuelle des données**. Elle permet aux acteurs d'injecter des informations depuis leurs propres plateformes d'entreprise. Elle permet de **prendre des décisions qui sont tracées** au sein du DSaaS de l'ouvrage ou du jumeau du projet ou même du DSaaS des contrats.

Par contre, les modifications du DSaaS de l'ouvrage qui résultent de ces décisions prises par le projet, ne sont pas réalisées depuis la plateforme collaborative, mais depuis les outils métiers des différents acteurs autorisés par le projet à intervenir sur le DSaaS de l'ouvrage.

### Fonctionnalités majeures



### Accès vers les données, via des services standardisés

Afin que les plateformes collaboratives s'intègrent facilement dans un environnement numérique, les accès en lecture et en écriture de la donnée située dans les jumeaux numériques doivent s'effectuer indirectement **via des services** implémentés selon **des protocoles standardisés et ouverts**, tels que SOAP ou REST par exemple.

Ainsi, pour chaque service demandé, un conteneur est transporté avec les données standardisées (IFC, OGC, W3C, ...) nécessaires au bon fonctionnement du service demandé.

*Par exemple, un espace de décision (plateforme collaborative) pourrait demander au DSaaS l'ensemble des données concernant un mur. La demande pourrait être transmise via SOAP sous la forme d'une demande de service LECTURE\_DONNEES avec un conteneur contenant l'identifiant unique du mur.*

Adaptation au domaine de l'organisation qui l'utilise

Adaptation aux particularités et aux évolutions de l'organisation qui l'utilise

Adaptation aux évolutions de maturité de l'organisation qui l'utilise

Gestion cohérente des accès de l'organisation aux différents jumeaux

La réponse du DSaaS via un service SOAP contiendra le conteneur des données du mur au format IFC.

Chaque organisation est soumise à un ensemble d'exigences liées au domaine dans lequel elle évolue.

Dans ce domaine particulier, des exigences s'imposent à la façon de gérer un projet et d'autres s'imposent aux métiers associés au domaine.

La plateforme collaborative doit fournir **des interfaces homme/machine évolutives et adaptatives** qui permettent aux acteurs d'avoir une compréhension facile (voir intuitive) des informations présentées en vue d'une prise de décision rapide et optimale. La plateforme doit notamment fournir des interfaces adaptées aux différentes cultures et générations évoluant dans le projet. **Une plateforme collaborative devrait aussi être en mesure d'implémenter de façon quasi automatisée tous les processus métiers d'un domaine dès lors qu'ils sont décrits par un diagramme BPMN.**

La plateforme collaborative doit aussi implémenter **des outils qui permettent la gestion de projet** conformément au domaine concerné, en temps réel. Les données utilisées par ces outils appartiennent au projet et sont gérées dans le DSaaS du projet. Pour l'ingénierie par exemple, on pourrait vérifier que la plateforme met à disposition tous les moyens nécessaires au pilotage et au contrôle d'un projet selon les 12 axes de l'ISO 21500.

Au-delà des processus standards exigés, chaque organisation pourrait souhaiter mettre en œuvre des spécificités. Par exemple, souhaiter implémenter de nouveaux workflows, de nouvelles méthodes type sprint, méthodes agiles, ... et les piloter depuis la plateforme.

Une plateforme collaborative se doit d'être souple et évolutive pour s'adapter à ces besoins.

Le Chess Media Group a défini 5 niveaux de maturité des modes de collaboration entre humains.

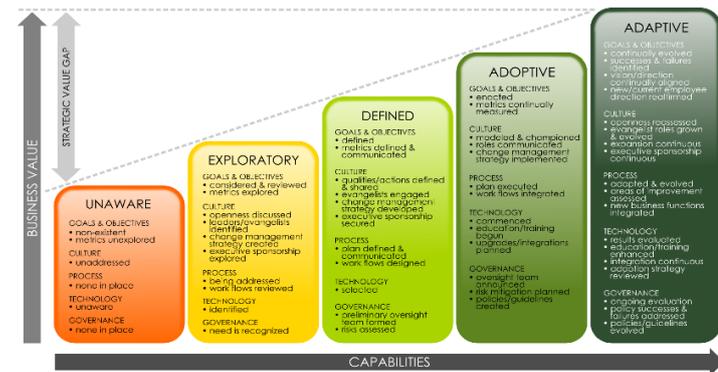
Certains projets peuvent être très longs, au-delà de 10 ans. La plateforme est-elle en capacité de s'adapter pour accompagner la montée en maturité de l'organisation ?

La plateforme est-elle en capacité de s'adapter aux nouvelles générations d'acteurs ?

L'Environnement Commun de Données est un environnement virtuel permettant de gérer l'accès aux données au travers des métadonnées.

La plateforme collaborative s'appuie sur l'Agent CDE pour définir les droits d'accès des acteurs du projet aux différents sous-espaces du CDE.

### Emergent Collaboration Maturity Model



© 2011 CHESS MEDIA GROUP

**Visualisation synthétique intégrée des données des différents jumeaux**

La richesse des fonctionnalités de découpage en sous-espaces est importante pour le contrôle des accès. Le découpage pourrait par exemple se faire par zone géographique de l'ouvrage, par système ou sous-système, par groupe d'objets, par objet, par attribut dans un objet, par étape dans le CDE, ...

Au travers du CDE, la plateforme collaborative garantit la cohérence des droits d'accès aux différents jumeaux sur lesquels le projet intervient.

La plateforme a pour rôle d'intégrer les données issues de différentes sources afin de pouvoir les afficher dans un format compréhensible aux acteurs concernés.

Plusieurs formats doivent pouvoir être proposés pour faciliter la compréhension des acteurs et leur prise de décision.

L'objectif de ces espaces de visualisation étant d'échanger des avis et de prendre des décisions, ils devront intégrer des outils collaboratifs facilitant les échanges (par exemple des forums, des étiquettes, des workflow, des chats, ...) qui soient adaptés aux acteurs qui les utilisent (interface homme / machine, type de matériel informatique – tablette pour chantier, PC fixe de bureau, ...).

**Gestion cohérente des modifications apportées aux différents jumeaux**

La plateforme a pour rôle de faciliter les prises de décisions, de les enregistrer dans les espaces de stockage de données concernés et de conserver l'historique des décisions prises (acteur, date, motifs de la prise de décision, décision prise, ...).

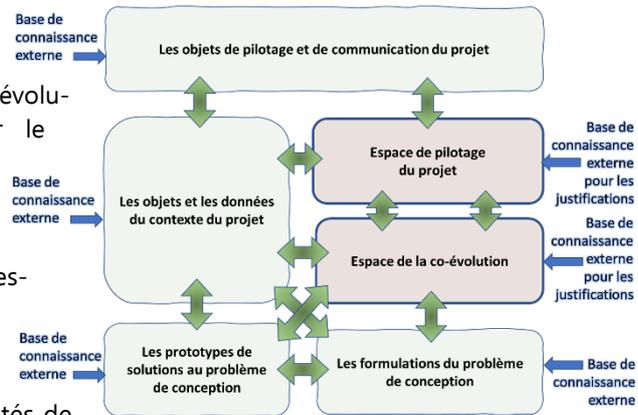
La plateforme doit être en mesure de gérer les formats standards (BCF, ...).

La plateforme garantit que les décisions prises entraînent des modifications cohérentes sur les différents DSaaS d'ouvrages concernés, sur le DSaaS du projet et sur le DSaaS des contrats

**Implémentation**

L'implémentation générique d'une plateforme pourrait s'appuyer sur deux modules principaux :

- Un espace de pilotage du projet
- Un espace de co-évolution pour réaliser le projet
- Une couche de gestion du CDE
- Une couche de gestion de la communication sous forme de services avec les autres entités de



l'architecture numérique et plus particulièrement les jumeaux numériques (qui contiennent les différentes bases de connaissance/informations/données) et les outils métiers.

**Espace de pilotage projet**

La plateforme numérique du projet est la seule à gérer le projet et à avoir accès aux données du projet qui sont hébergées dans le DSaaS du projet.

Cette plateforme doit donc héberger, où *a minima* mettre à disposition l'ensemble des outils nécessaires à la bonne gestion du projet dans le respect des exigences du domaine concerné.

Par exemple, des outils de planification de projet, de gestion des ressources humaines, de gestion financière, de contrôle qualité, d'analyse des risques, ... doivent être intégrés à la plateforme collaborative du projet pour fournir une interface conviviale et adaptée au pilotage du projet.

<b>Espace de co-évolution</b>	<p>La plateforme collaborative est le lieu de la collaboration entre les acteurs du projet. Ces acteurs doivent pouvoir analyser le contexte et prendre des décisions par abduction normale et/ou abduction de conception. Ils doivent pouvoir tracer les justifications de leurs décisions et enregistrer leurs prises de décision.</p> <p>La plateforme collaborative doit mettre en place une interface homme machine capable de fournir tous les moyens favorisant la co-conception du projet et son exécution.</p>
<b>Implémentation des couches de service standard et des formats standards</b>	<p>Que ce soit au sein de l'espace de pilotage ou au sein de l'espace de co-évolution, les acteurs du projet interviennent sur des données qui sont repérées grâce au CDE. Aucune donnée n'est directement accessible sur son espace de stockage sans passer par l'intermédiaire du CDE pour l'identifier et la retrouver. C'est l'Agent CDE qui fournit des services évolués de gestion du CDE.</p> <p>D'autre part, les échanges entre la plateforme collaborative et les espaces de stockage (DSaaS) doivent se faire au moyen de services standardisés, de façon totalement transparente pour les utilisateurs de la plateforme.</p>
<b>Technologies d'implémentation</b>	<p>Les challenges de mise en œuvre ne sont pas technologiques. Il n'y a pas de plateforme universelle et les modes de collaboration entre Humain dépendent de nombreux facteurs. On peut les représenter sur une échelle à 5 niveaux de maturité. De nombreux outils modernes existent pour faciliter la collaboration et pourraient facilement être intégrés dans la plateforme au grès des souhaits des éditeurs de logiciel.</p>
<b>Marketing, « gammes de plateformes »</b>	<p>On peut imaginer dans le futur l'existence de gammes de plateformes collaboratives génériques, différenciés par les domaines adressés, leurs performances et leurs niveaux de fonctionnalités.</p>

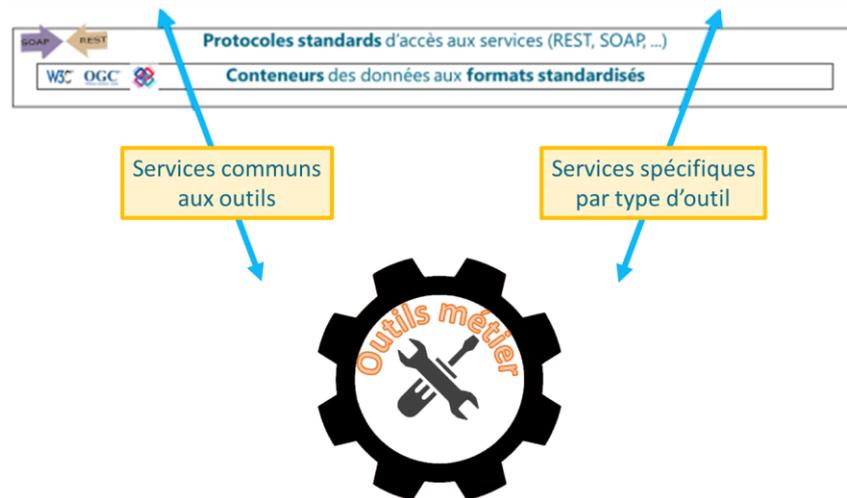
## 4.5 Outils de manipulation de la donnée et technologies

<b>Outils métiers de l'ingénierie</b>	<p>Les outils métiers supportent des formats ouverts et s'appuient intégralement sur les services des DSaaS.</p> <p>Tous les outils sont capables de travailler directement sur les données de la partie de la maquette autorisée, en utilisant les services de lecture et écriture fournis par le DSaaS.</p> <p>Les architectures numériques peuvent être supportées par des technologies éprouvées ou émergentes.</p> <p>Les technologies implémentant les DSaaS ou les plateformes sont librement choisies.</p>
---------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Technologies de collecte de données

### Réseaux de capteurs de données

Une partie du DSaaS pourrait par exemple être supportée en Blockchain (pour les données à droit d'auteur par exemple) alors qu'une autre serait supportée en NoSQL (pour les remontées de capteurs IoT par exemple) et une dernière en SQL ou autre techno de base de données. C'est le rôle de la plateforme de DSaaS que de fournir un service cohérent qui s'appuie sur l'ensemble de ces technologies.



Sans dresser une liste exhaustive des technologies qui évoluent très rapidement, ce paragraphe a pour ambition de présenter les grandes tendances et leurs intérêts dans une architecture numérique.

Collecter une donnée, c'est capter un phénomène et le transformer en une donnée numérique.

**La nature des phénomènes captés est très variée** : image fixe ou animée, son, vibrations, température, vent, pluie, neige, gravité, accélérations, ...

Les techniques de captation sont éprouvées. La principale tendance est de transformer les capteurs en objets autosuffisants capables de communiquer à un tiers système les mesures qu'ils ont réalisées. On parle alors d'**objets connectés** car ils disposent d'un système de numérisation et de transmission de l'information collectée.

**Les capteurs peuvent aussi être plus évolués et plus spécifiques** : une caméra, un appareil photo, un smartphone, un mètre laser, un système lidar, un drone, un satellite...

Dans tous les cas, la mesure effectuée donnera lieu à une transformation en donnée numérique, puis une transmission et un stockage de cette donnée pour analyse. **L'utilisation de formats standards** pour la numérisation et pour les transmissions est primordiale dans une architecture numérique.

Pour assurer la collecte massive des données, ces objets connectés (on parle de **26 milliards d'objets connectés d'ici fin 2020**) ont été placés dans des réseaux et doivent alors disposer de protocoles plus complexes de gestion de réseau. Se référant à l'image du réseau internet, on désigne par **IoT (Internet des Objets)** tout réseau interconnectant des objets. Mais cette dénomination englobe **de nombreux types de réseau** : internet, mesh, Lora, SigFox, ...

En effet, les couches de réseau mises en œuvre dans la pile de protocoles internet sont beaucoup trop lourdes pour transmettre des données de très faibles volumes, ce qui induit des surconsommations d'énergie au niveau des objets connectés, uniquement pour gérer des piles de protocoles. On constate donc l'apparition de **nouvelles technologies réseau plus adaptées aux exigences des objets connectés**.

## Réseaux intelligents de capteurs de données interactifs

La transmission des données captées par les objets nécessite aussi une quantité importante d'énergie lorsque les volumes de données sont importants. De nouvelles technologies émergent pour **répartir « l'intelligence » des systèmes entre les capteurs et le cœur du réseau.**

Par exemple, **un capteur pourra être habilité à traiter les données captées et à ne transmettre que le résultat des traitements** effectués sans envoyer les données. Les données peuvent être envoyées seulement à la demande du cœur du réseau.

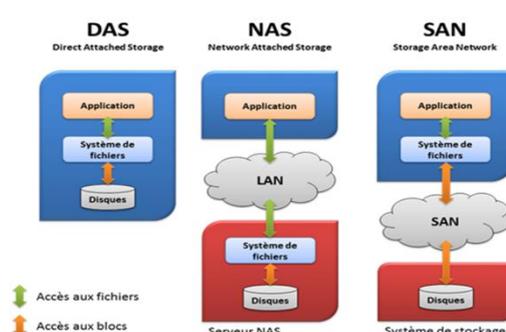
Un autre exemple mis en œuvre dans un réseau de capteurs pour conteneurs impose à **chaque capteur de communiquer avec ses voisins** (donc courte distance et peu d'énergie) pour élire le capteur qui transmettra l'ensemble des données de tous les capteurs vers le nœud du réseau. Cet exemple a nécessité d'identifier les critères de l'élection (quantité d'énergie restante pour chaque capteur, qualité du signal radio reçu depuis le nœud central, ...), mais aussi des règles de confidentialité pour que des capteurs concurrents puissent se partager des données sans que les opérateurs humains n'aient accès à celles de leur concurrent.

**Des algorithmes « d'intelligence artificielle »** répartie sont expérimentés pour d'une part pour minimiser l'énergie globale consommée par le réseau, mais aussi pour moduler les fonctionnalités du capteur en fonction de l'environnement et des consignes du cœur du réseau.

## Stockage de la donnée

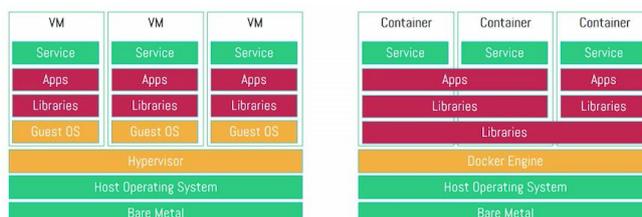
Le stockage des données étant confiés aux jumeaux numériques, plusieurs technologies informatiques éprouvées ou relativement récente sont à considérer avec des experts informatiques.

Les classiques stockages par système de fichier selon les principes **du DAS, du NAS ou du SAN** sont des solutions éprouvées.



D'autres formes de stockage, en bases de données SQL, sont aussi très maîtrisées, mais s'avèrent limitées pour des volumes gigantesques de données (**big data**) qui seront plus efficacement gérés en **NoSQL**.

Des technologies de **conteneurs hébergeant des micro-services** sont aussi possibles (Exemple de MongoDB).



Enfin, le stockage sous la forme de blocs de chaîne (**blockchain**) apporte une plus-value substantielle pour certifier les données. La modulation des algorithmes de minage permet d'implémenter un compromis entre le niveau de sécurisation des données et les performances temporelles et énergétique du système. De plus, la blockchain permet l'implémentation de **smart contracts** ouvrant de nombreux possibles pour la mise en œuvre de services autour de la donnée.

C'est le rôle des constructeurs et opérateurs de plateforme de jumeaux numériques que de s'appuyer sur ces différentes technologies pour fournir un service cohérent aux utilisateurs.

### Traitement de la donnée

Au-delà du traitement classique de la donnée par des algorithmes linéaires ou des algorithmes spatiaux qui sont adaptés à des données peu évolutives et de volume raisonnable, plusieurs technologies permettent d'enrichir l'exploitation des données.

Le **big data** permet la gestion de données très volumineuses, d'extraire de l'information du bruit apparent des données en utilisant des algorithmes non linéaires.

Le **machine learning** permet à une machine d'apprendre par l'expérience et d'exploiter cet apprentissage pour effectuer des analyses de plus en plus précises et pertinentes de la donnée. Certains outils SIG implémentent ces technologies pour reconnaître les espèces d'arbres depuis une photo satellite par exemple.

Le **deep learning** est une version évoluée du machine learning, en ce sens qu'elle est capable d'identifier elle-même les critères d'apprentissage en utilisant un réseau neuronal.

### Sécurisation des données captées

La mise en œuvre de réseaux de capteur ouvre la porte à **des tentatives d'intrusion et de contrôle malveillant de ces réseaux.**

Plusieurs technologies émergentes sont apparues pour sécuriser les objets connectés tout en minimisant les protocoles de sécurisation pour minimiser la puissance consommée par ces objets. Certaines technologies embarquent des piles de protocole codées dans le matériel de l'objet et d'autres codées sous forme logicielle.

Ces technologies sont particulièrement évoluées dans le secteur des véhicules autonomes qui échangent des données impliquées dans la gestion de la sécurité des passagers du véhicule.

### Traitement de l'information

Dans cette rubrique, on retrouve l'ensemble des outils métiers. Ces outils manipulent les données, produisent de l'information par assemblage des données ou par enrichissement, présente ces données sous une forme intelligible pour l'homme, permettent des calculs et des simulations.

On retrouve les outils de traitement de texte, les tableurs, les outils de manipulation et de représentation cartographique (SIG), les outils de manipulation et de représentation de dessins 2D, les outils de manipulation et de représentation de volumes en 3D, ...

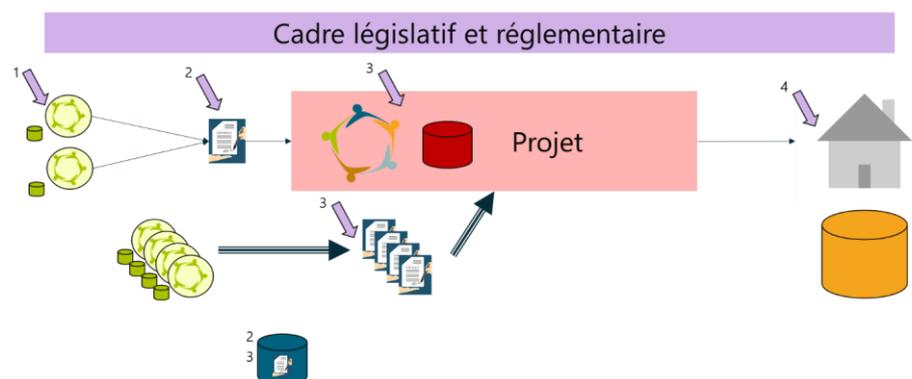
La plupart des outils actuellement sont limités par des formats propriétaires et un travail sur fichiers.

Très peu d'entre eux sont capables de travailler sur des services de données.

## 4.6 Collaboration de plateformes

### Autour d'un même projet

#### Diagramme d'un projet standard



Ce diagramme très simplifié représente 4 étapes clés d'une collaboration :

1. Le regroupement **d'entreprises** autour d'une vision, d'un **projet**
2. **La Contractualisation** entre ces entreprises
3. La **préparation et l'organisation du projet**, incluant d'éventuelles contractualisations avec des partenaires supplémentaires
4. La **réalisation du projet**, passage à l'action pour créer ou modifier **des ouvrages** ou des services

Ce diagramme vise présenter des concepts génériques qui seront utilisés dans le reste de la présentation.

Les organisations humaines pourraient être décrites selon deux axes :

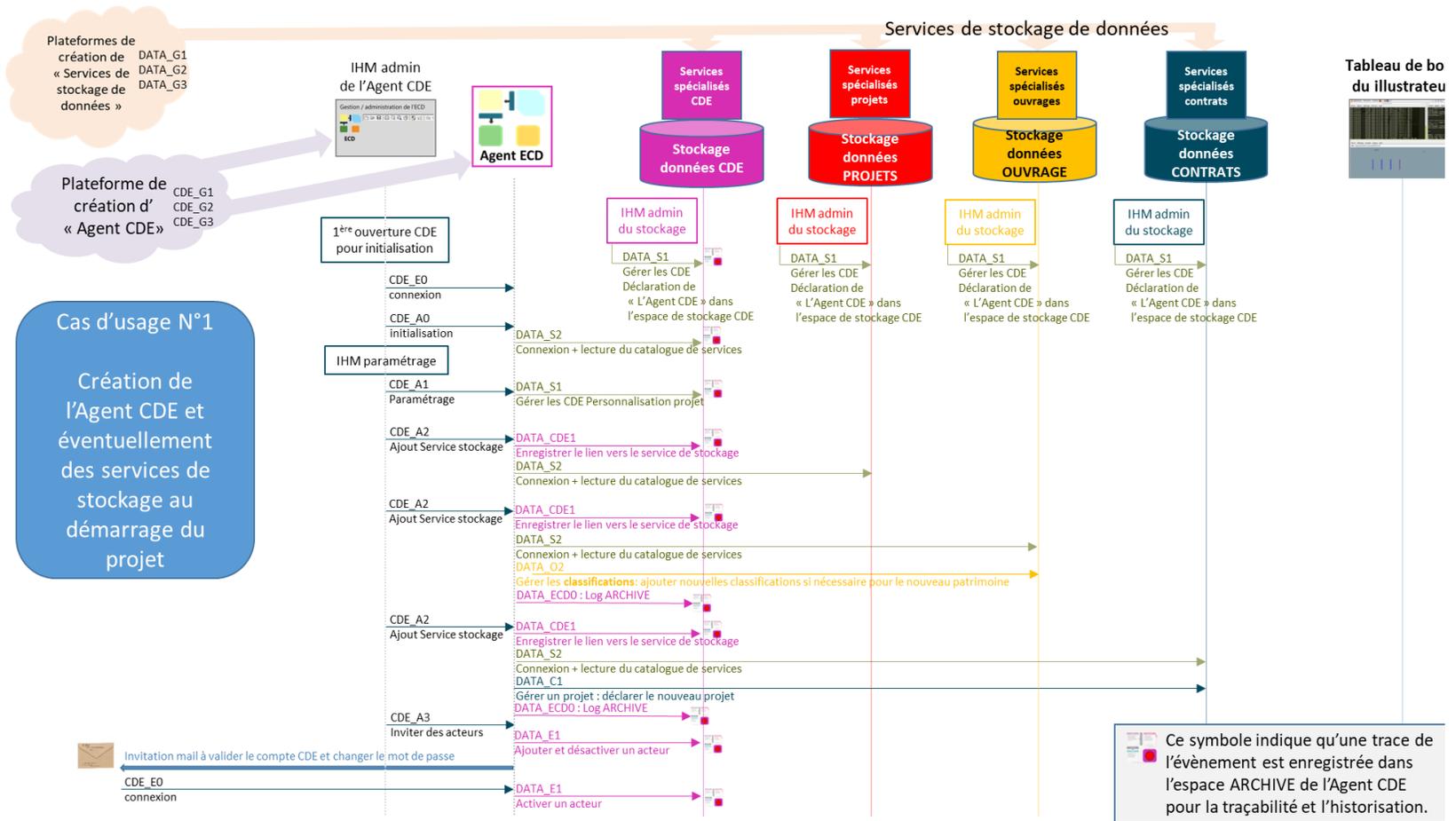
- Les organisations humaines autour d'une vision (entreprise, association)
- Les collaborations entre organisations humaines autour d'un projet
  - Conception d'ouvrage
  - Construction ou modification d'ouvrage
  - Exploitation d'ouvrage
  - Maintenance d'ouvrage
  - Destruction d'ouvrage

Les données manipulées pourraient être classées en 4 grandes familles :

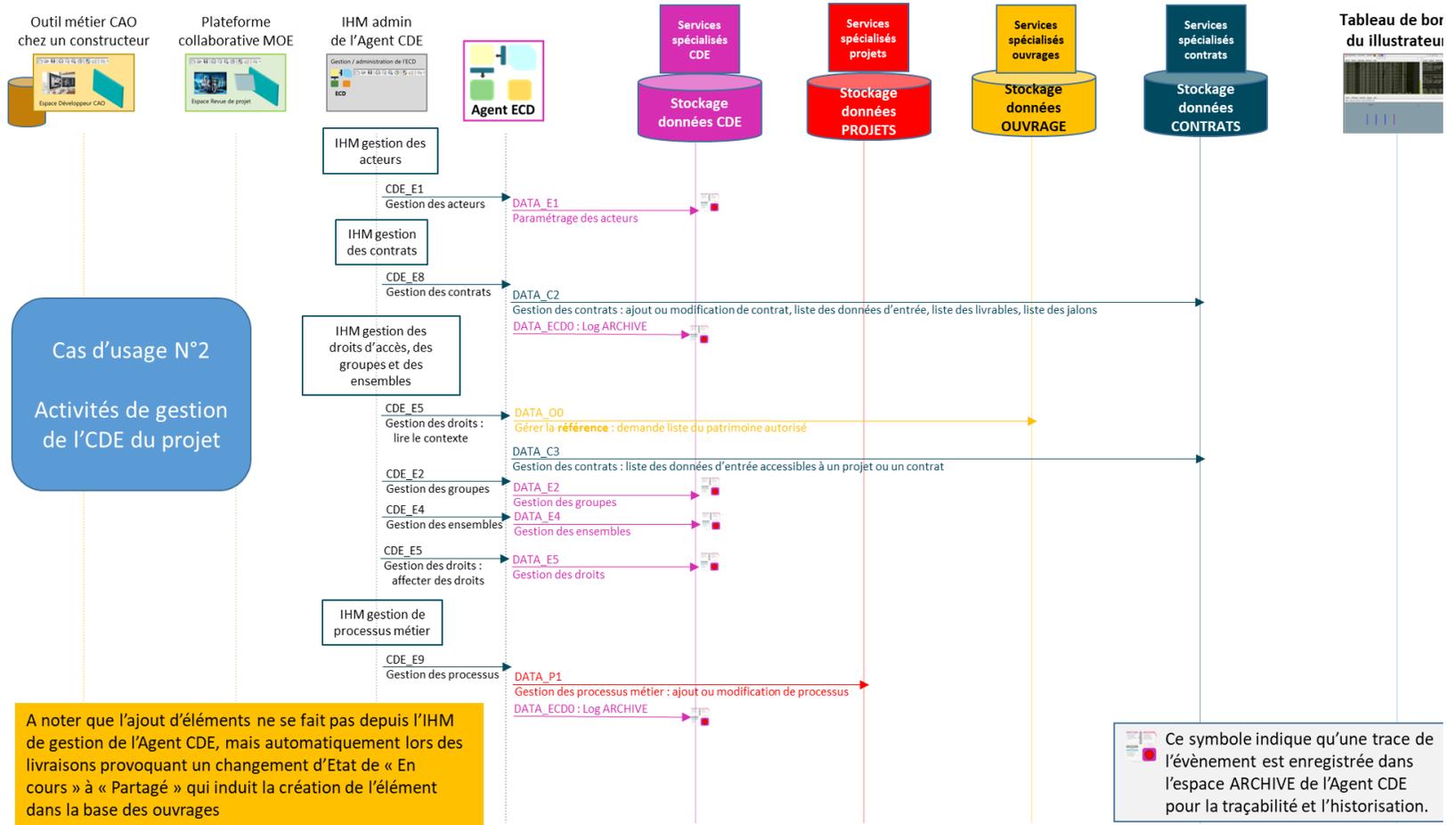
- Les données qui décrivent les ouvrages
- Les données qui décrivent les métiers, les savoir-faire des entreprises et des hommes
- Les données qui décrivent les organisations collectives pour réaliser un projet
- Les données qui décrivent les contrats passés entre les acteurs

Les exemples ci-dessous illustrent la collaboration des plateformes des différents acteurs avec les différents DSaaS (ouvrage, contrats, projet, MOE, constructeur, AOM, exploitation, ...), en s'appuyant sur l'Agent CDE.

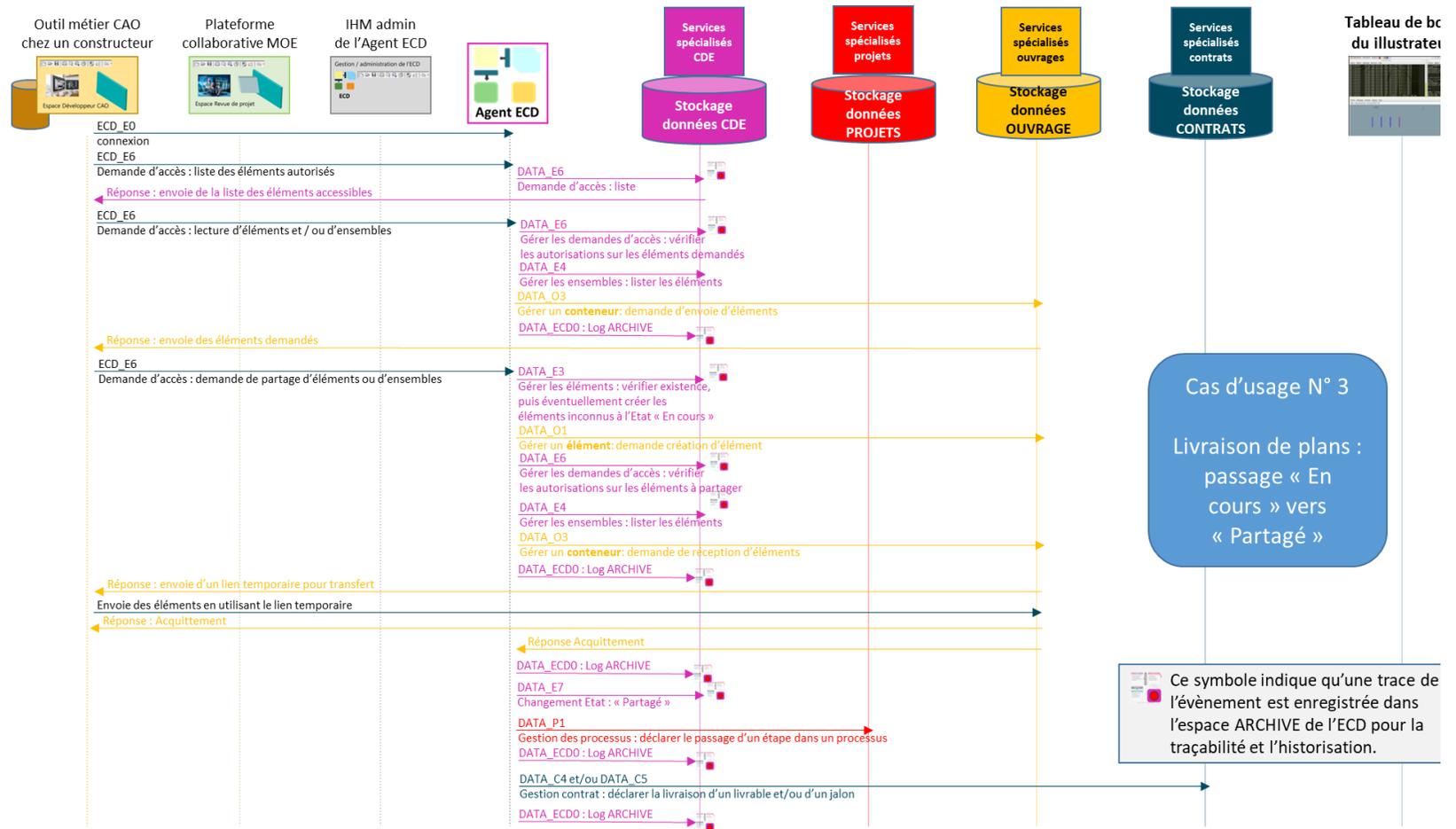
**Exemple de démarrage d'un environnement projet**



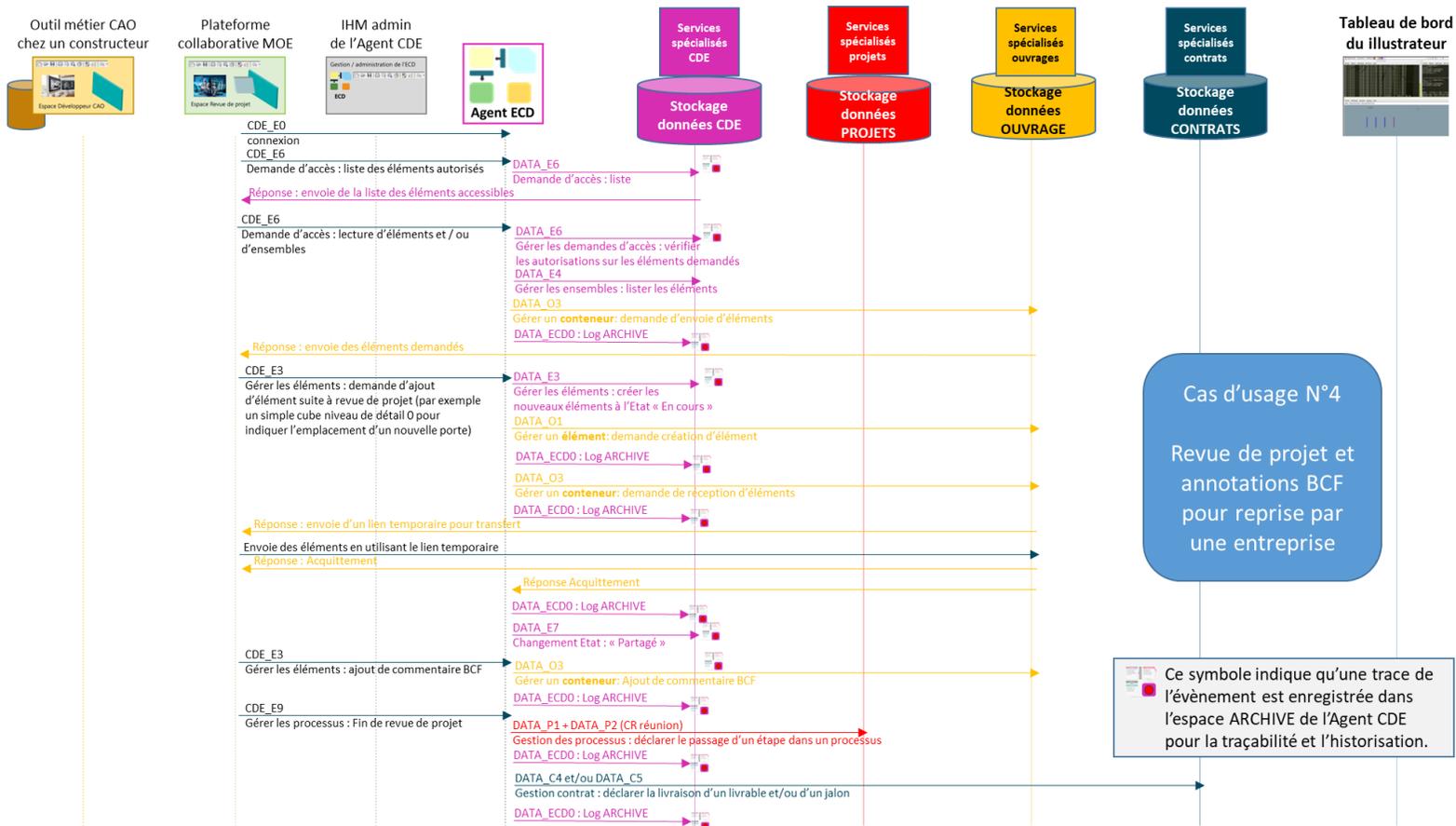
## Exemple de gestion du CDE du projet



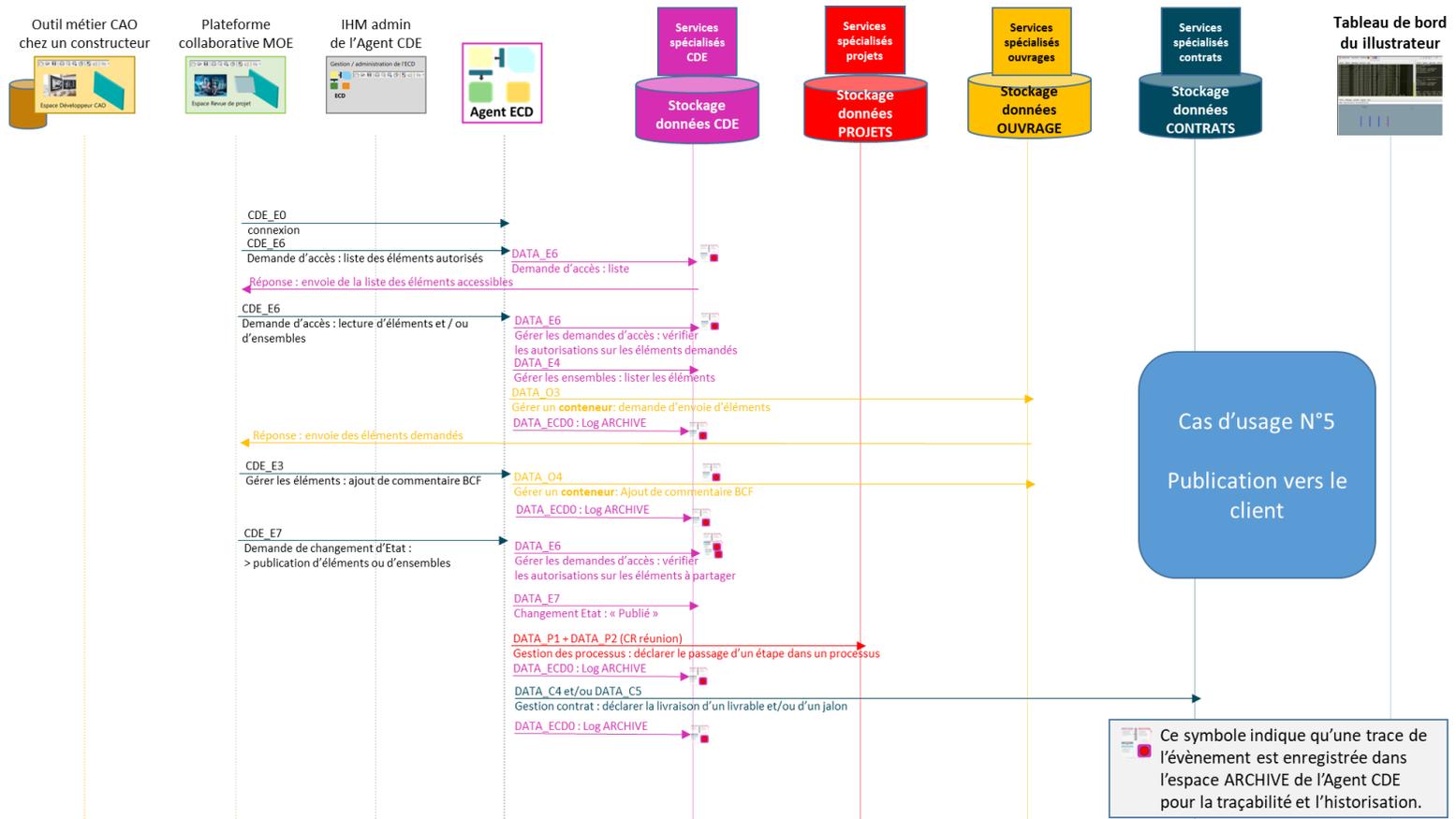
**Exemple de partage d'ouvrages en cours de conception**



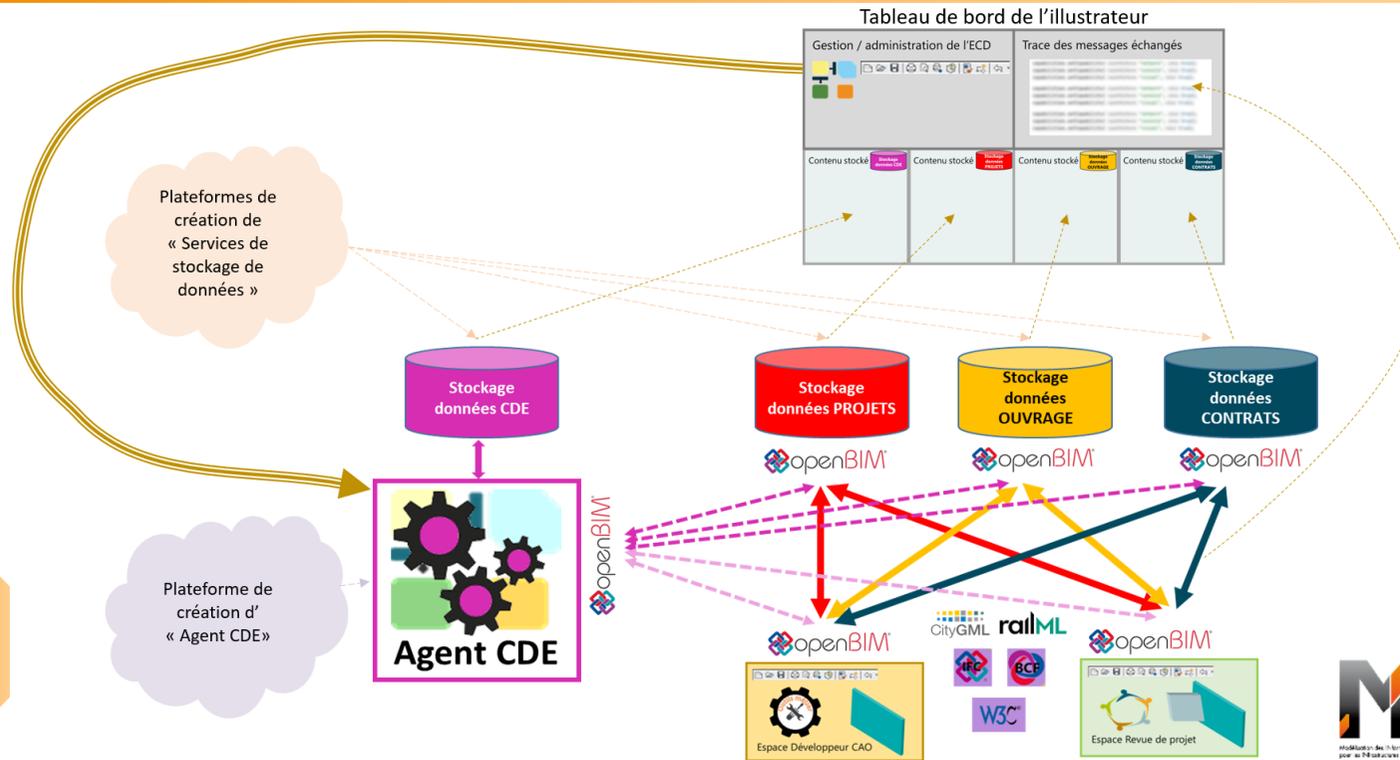
## Exemple de revue de projet et d'annotations BCF



## Exemple de publication



**MD** L'ILLUSTRATEUR



**Collaboration de plateformes dans un environnement multi-projets concurrents**

Il est fondamental de comprendre le rôle de l'Environnements Communs de Données dans la gestion de la donnée numérique lorsque plusieurs projets utilisent simultanément cette donnée.



**Principe d'utilisation du CDE décrit par l'ISO 19650**

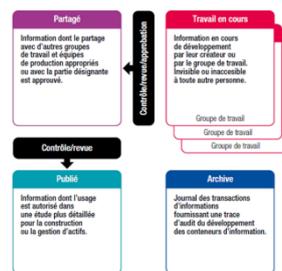
Les standards de la gestion de la donnée numérique décrit précédemment doivent être implémentés dans le DSaaS.

Notamment l'environnement commun de données (CDE) imposé par l'ISO 19650 devra être implémenté pour garantir une gestion des données numériques dans le respect des normes, pour chacun des projets souhaitant accéder à la donnée ou modifier la donnée.

Rappelons que **le CDE est décrit dans l'ISO 19650 comme un concept virtuel potentiellement réparti géographiquement**. Il s'agit donc principalement d'une **organisation de la métadonnée** qui permet de retrouver la donnée à coup sûr et activer le flux correspondant d'information depuis le lieu de stockage de celle-ci.

Rappelons succinctement les points clés de compréhension du CDE.

- L'état « Travail en cours » (Work In Progress) qui permet à chaque acteur de travailler sur un sujet qui n'est pas encore partageable.
- L'état « Partagé » (Shared) qui permet de partager des données qui ont été contrôlées chacun au sein de sa propre discipline. Le partage permet de garantir la cohérence de la conception des différentes disciplines pour réaliser le projet.
- L'état « Publié » (Published) qui permet de livrer des données de façon définitive, comme référence d'une étape du projet.
- L'état « Archivé » (Archive) qui est un espace de traçabilité de l'ensemble des actions qui ont eu lieu dans le projet dans les 3 autres états.



Concept d'un environnement commun de données (CDE)

**Notion d'espace de référence**

Dans un DSaaS, une question se pose qui n'a pas de réponse explicite dans l'ISO 19650.

Lorsque plusieurs projets ont été terminés et que de nombreux autres sont en cours sur un même ouvrage, où sont les données de référence qui reflètent l'exacte réalité de l'ouvrage à un instant t ?

**La référence peut à tout moment être reconstruite à partir de l'ensemble des données contenues dans les espaces PUBLIE.** En effet, certaines parties de l'ouvrage sont représentées plusieurs fois à plusieurs dates différentes au fil des projets. Pour connaître la référence, il faut identifier les dernières données publiées pour chaque partie de l'ouvrage.

**Plusieurs possibilités s'offrent à nous pour construire la référence.**

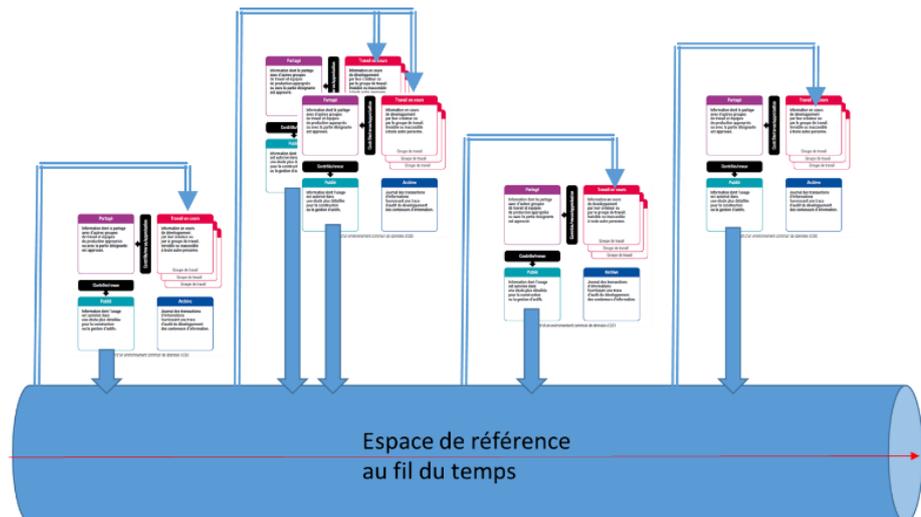
**La première serait de maintenir à jour un ensemble de liens vers les espaces publiés qui constituent la référence.** Cette solution offre l'avantage de maintenir la continuité numérique, c'est-à-dire de ne pas dupliquer la donnée. L'ensemble de ces liens qui constituent la référence pourrait être construit au fil du temps et de façon automatisée par le DSaaS.

**La deuxième serait de figer une photographie du jumeau à des instants précis.**

Les données sont donc recopiées, et il faut tout de même s'assurer de conserver les liens vers les espaces publiés afin d'être en mesure de récupérer l'historique des modifications si besoin.

Dans les 2 cas discutés au sein du groupe de travail, on constate qu'il faut stocker soit les liens soit les photos dans un nouvel espace que nous avons qualifié d'espace de référence.

### Gestion des CDE au sein du DSaaS



Concrètement, le DSaaS des ouvrages sera connecté à autant de CDE que de projets souhaitant accéder à la donnée. **Le propriétaire du DSaaS OUVRAGE sera garant de la cohérence et de la coordination des CDE**, comme il le fait déjà pour la réalité.

*Par exemple, le mur d'un ouvrage sous exploitation doit être repeint et en parallèle, un projet d'ouverture de fenêtre est en cours.*

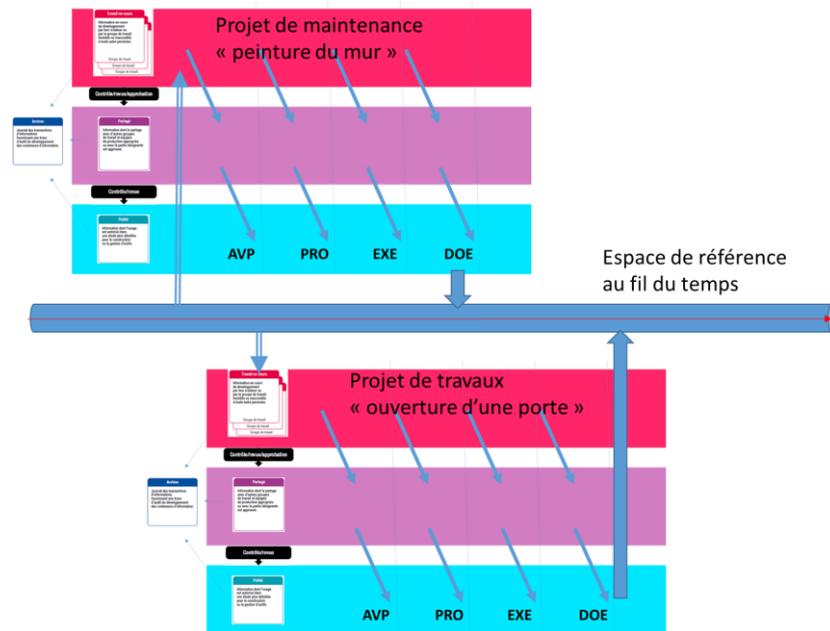
*Pour l'exploitant, un « CDE projet d'exploitation » est ouvert dans le jumeau, lui permettant de calculer la quantité de peinture et de mettre à jour la référence de la peinture une fois les travaux exécutés.*

*Pour l'entreprise chargée de créer une ouverture pour une fenêtre, un « CDE projet travaux » est ouvert dans le DSaaS pour lui permettre de prendre les cotes et de faire les calculs de structure, puis de mettre à jour le jumeau une fois la fenêtre installée.*

*Si l'exploitant et l'entreprise sont toutes les deux prêtes à intervenir au même moment sur le mur, c'est bien le propriétaire du mur qui prendra la décision finale de donner la priorité à l'un ou à l'autre. De même pour les CDE, c'est le propriétaire des données qui prendra la décision de l'ordre de modification des données dans l'espace de référence.*

*D'autre part, si les données d'étude de la fenêtre sont suffisamment avancées, c'est le propriétaire qui décidera de montrer ou non à l'exploitant les données de l'étude. En ne montrant pas les données de l'étude, l'exploitant commandera trop de peinture. Mais en montrant à l'exploitant des données d'études avant qu'elles ne soient stabilisées, on prend le risque que le projet de travaux n'aboutisse finalement pas et qu'il manque de peinture.*

*Dans cet exemple simple, on montre que c'est le propriétaire des données qui décide quelles sont les données visibles depuis un CDE et quand les données doivent être « livrées » comme référence de la réalité.*



Ce schéma illustre l'utilisation classique du CDE pendant un projet d'étude et réalisation de travaux.

On constate que chaque phase du projet (AVP, PRO, EXE, DOE) vise à produire un document et la construction de ces documents s'appuie sur des données qui circulent depuis l'état « Travail en cours », vers l'état « Partagé » puis l'état « Publié ». C'est seulement pendant la phase DOE que l'ouvrage réel se construit et que la première cohérence entre le DSaaS et la réalité apparaît dans l'espace de référence. À ce stade, le DSaaS pourrait permettre la construction d'un document formel DOE.

## 5. BENCHMARK DES PLATEFORMES COLLABORATIVES (DÉBUT 2020)

### Benchmark des plateformes collaboratives début 2020

#### Objectifs de l'évaluation

Elle ne porte pas sur un classement ou comparaison termes à termes des différentes plateformes. L'objectif est d'évaluer l'état d'avancement de celles-ci et leur niveau de fonctionnalités, en rapport avec la réflexion portant sur une plateforme « idéale », qui pourrait s'intégrer dans une démarche de collaboration de plateformes.

#### Méthodologie adoptée

Si notre vision d'une architecture idéale conforme aux exigences des standards est relativement claire, on sait que le développement des outils est très lié aux opportunités économiques des éditeurs de logiciels. C'est pourquoi nous avons intégré au plus tôt les éditeurs de logiciel dans nos travaux. Les critères définis dans le chapitre précédent pour évaluer les outils numériques ont été construits sur la base des conclusions de ces travaux et classés selon les 4 axes :

- Fonctionnalités communes permettant une intégration dans une architecture numérique
- Fonctionnalités spécifiques aux plateformes collaboratives
- Fonctionnalités spécifiques aux jumeaux numériques
- Fonctionnalités spécifiques aux outils métiers

Les outils ont été évalués de deux façons et les résultats de toutes ces évaluations sont présentés dans le détail en Annexe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.1** :

1. **Les principaux éditeurs d'outils** revendiquant la gestion de la donnée numérique et / ou la gestion de la collaboration autour de projets numériques, **ont été contactés pour présenter les fonctionnalités de leur outil** au Groupe de Travail 6-2. Celui-ci n'a pas fait de sélection préalable des éditeurs et reste ouvert à la présentation d'un outil qui n'aurait pas été recensé. Il a ensuite évalué les outils avec les critères.
2. **Une grille d'évaluation des outils a été transmise à chaque éditeur d'outil pour qu'il puisse lui-même faire son auto-évaluation.**

#### Critères communs à tous les éléments de l'architecture numérique

Critères communs à tous les éléments de l'architecture numérique	Accès via des protocoles de services standards	Indépendamment des couches physiques, liaison, réseau et transport qui véhiculent la donnée, utilisation de couches applicatives de type WebSocket implémentant des SERVICES. Par exemple, principalement REST, mais aussi SOAP, RFB, MQTT, ... L'accès doit être rendu possible au moyen de clients légers sur navigateur web ou bien d'application mobiles sur tablettes ou téléphones.
	Accès à distance (mobile)	Gestion des modes connectés / déconnectés
	Magasins pour applications mobiles	Les plateformes collaboratives, les espaces de stockage ou les outils métiers pourraient être commercialisés dans des versions légères au moyens de magasins en ligne.
	Les services véhiculent des conteneurs	Pour les données véhiculées dans les conteneurs. On privilégiera des données structurées selon des formats standards (IFC, OGC, images, vidéos, lidar, ...). En phase de transition, où selon les contraintes des projets, des données non structurées ou des données dans des formats propriétaires pourront être implémentées.
	L'Environnement Commun de Donnée et l'espace de référence comme clé d'entrée 1. Pour le contrôle des accès	Tout service demandé se rapporte à un ECD. 1. Les services de gestion de l'ECD : demande de création, gestion des droits d'accès à l'ECD par utilisateurs, groupes d'utilisateurs, parties limitées du jumeau, ... et aussi la demande de changement d'état ou de statut d'une donnée au sein de l'ECD ou vers l'espace de référence.
	L'Environnement Commun de Donnée et l'espace de référence comme clé d'entrée 2. Pour l'accès aux données en mode objet	Tout service demandé se rapporte à un ECD. 2. Les demandes d'accès en lecture et/ou écriture aux données au sein d'un état précis de l'ECD. Les données sont référencées comme des objets.

## Critères pour les plateformes collaboratives

Critère pour les plateformes collaboratives	Adaptée au domaine d'une organisation	Chaque organisation est soumise à un ensemble d'exigences liées au domaine dans lequel elle évolue. Dans ce domaine particulier, des exigences s'imposent à la façon de gérer un projet et d'autres s'imposent aux métiers associés au domaine. La plateforme collaborative doit implémenter des outils qui permettent la gestion de projet conformément au domaine concerné, en temps réel. Les données utilisées par ces outils appartiennent au projet et sont gérées dans le jumeau numérique du projet. Pour l'ingénierie par exemple, on pourrait vérifier par exemple que la plateforme met à disposition tous les moyens nécessaires au pilotage et au contrôle d'un projet selon les 12 axes de l'ISO 21500. La plateforme collaborative est un outil facilitant la collaboration entre des acteurs qui évoluent dans le domaine concerné. Sur la forme, la plateforme collaborative doit fournir des interfaces homme/machine évolutives et adaptatives qui permettent à ces acteurs d'avoir une compréhension facile (voir intuitive) des informations présentées en vue d'une prise de décision rapide et optimale. Au-delà des processus standards exigés, chaque organisation pourrait souhaiter mettre en œuvre des spécificités. Par exemple, souhaiter implémenter de nouveaux workflows, de nouvelles méthodes type sprint, méthodes agiles... et les piloter depuis la plateforme. Une plateforme collaborative se doit d'être souple et évolutive pour s'adapter à ces besoins.
	Adaptable aux particularités et aux évolutions de l'organisation	Le Chess Media Group a défini 5 niveaux de maturité des modes de collaboration entre humains. Certains projets peuvent être très longs, au-delà de 10 ans. La plateforme est-elle en capacité de s'adapter pour accompagner la montée en maturité de l'organisation ?
	Adaptable aux évolutions de maturité	La plateforme est-elle en capacité de s'adapter aux nouvelles générations d'acteurs ? La plateforme a pour rôle d'intégrer les données issues de différentes sources afin de pouvoir les afficher dans un format compréhensible aux acteurs concernés. Plusieurs formats doivent pouvoir être proposés pour faciliter la compréhension des acteurs et leur prise de décision.
	Intégration et visualisation de données	La plateforme a pour rôle de faciliter les prises de décision et de permettre d'enregistrer les prises de décision dans les espaces de stockage de données concernés. La plateforme doit être en mesure de gérer les formats standards (BCF, ...).
	Capacité à enregistrer des décisions	Lorsqu'une décision est prise et qu'elle impacte plusieurs jumeaux, la plateforme doit implémenter des mécanismes qui permettent de garantir le maintien de la cohérence entre les jumeaux sur lesquels elle écrit.
	Capacité à gérer la cohérence des enregistrements de décisions sur les différents jumeaux	Workflow, outils chat/emails/..., traçabilité de la collaboration
	Gestion des échanges entres acteurs	Mise à disposition = intégration dans la plateforme ou lien vers un outil externe Gestion de planing, gestion de ressources, ...
	Mise à disposition d'outils de lecture / écriture des données du jumeau projet	

## Critères pour des espaces de stockage

Critères pour les espaces de stockage (jumeaux numériques)	Services de contrôle de cohérence	Un service à forte valeur ajoutée pourrait être le contrôle des formats des données entrantes, avec refus des données non conformes. Ce service pourrait être doublement utile, en protégeant l'espace de stockage, mais aussi éventuellement en proposant une validation préalable des données aux utilisateurs de celles-ci.
	Services de contrôle des règles du propriétaire	Le propriétaire des données dispose d'une charte BIM qui fixe des exigences sur les données numériques. Le jumeau numérique lui appartenant, celui-ci pourrait assumer un service de contrôle du respect de la charte BIM pour les données entrantes dans le jumeau.
	Sécurisation des données	Robustesse aux attaques externes, tentatives de piratage, de destruction ou de falsification des données Gestion des obsolescences techniques du support et des protocoles. Le propriétaire du jumeau est responsable de sa mise à disposition aux acteurs. C'est à lui de prévoir les actions de maintenance ou de remplacement. Ce point est important à vérifier lors de l'acquisition d'un jumeau pour mettre en place une analyse des risques.
	Accès pérenne aux données (contractuel ?)	Les différents niveaux de performances d'un jumeau pourraient permettre de construire une offre commerciale à plusieurs niveaux en déclinant des gammes de jumeau.
	Performances	Les éléments mesurables de la performance sont multiples : Temps d'accès, débits, Nb MAX d'objets, Nombre d'ECD gérés simultanément, Souplesse et richesse des fonctionnalités de contrôle d'accès, Nb MAX de corrections externes simultanées, ...
	Gestion des sauvegardes	Richesse et ergonomie des fonctionnalités de gestion des sauvegardes : par exemple délais, réplicabilité
	Gestion de l'archivage	Respect des standards (LOTAR série EN9300, ...), faisabilité, ...
Exemples d'Outils métiers	Gestion cloud	Capacité à répartir le jumeau sur différentes localisations géographiques
	Technologie de stockage	BlockChain, SQL, NoSQL, MONGODB, ...
	Gestion de planing (GANTT, Tilos, ...)	
	Gestion de projet (WBS, ...)	
	SIG	
	CAD	
	Gestion des exigences	
	Intégrateurs 3D	
	Outils métiers spécifiques	Diagramme chemins de fer, diagrammes électriques, propagation d'ondes, de lumière, de chaleur, pollutions sonores, environnement, émissions GES, ...
	Gestion des coûts	
Outils de communication (plateformes)		
Magasins d'applications mobiles		
Gestion des ressources		
...		

## Méthode et résultats de l'évaluation des plateformes

En synthèse, les évaluations montrent que :

- séparer les données projets de celles des actifs, bien que proposé dans l'ISO 19650, est loin d'être compris et admis par les principaux acteurs du BIM ;
- de nombreux éditeurs proposent des outils qui intègrent les fonctionnalités de plateformes collaboratives et de DSaaS, rendant le propriétaire des données très dépendant de l'éditeur du logiciel qui les a créées (continuité numérique adaptée à une suite logicielle) ;
- peu d'outils implémentent des protocoles de service pour communiquer la donnée, mais ils sont plus nombreux à proposer des formats d'échange standardisés ;
- plusieurs outils ont bien implémenté certains concepts proposés dans l'architecture numérique ;
- tout ce qui se rapporte aux notions de sécurité, sauvegarde, stockage, gestion cloud est implémenté partiellement ou totalement.

L'évolution des plateformes s'accélère. Cela peut être dû au fait que ce ne sont pas seulement des éditeurs d'outils de modélisation qui en développent, il y a aussi de nouveaux acteurs qui viennent d'autres domaines. De plus, l'implémentation des nouvelles normes ISO (liées ou non au BIM) alimente aussi cette accélération. Enfin, on ne connaît pas les modèles économiques précis qui accompagnent ces plateformes et il pourrait être utile de les comprendre et de les intégrer à l'analyse.

## 6. ROAD MAP

### Challenges et opportunités

#### Comment progresser vers des pratiques plus collaboratives ?

Le Groupe de Travail 6-2 de MINnD, conscient que plusieurs sujets importants sont à adresser, propose ci-dessous quelques idées de sujets importants, de façon non exhaustive.

Ce paragraphe se focalise sur les pratiques collaboratives, indépendamment des outils.

Plusieurs dimensions n'ont pas encore été intégrées à ce document, dont l'outilage du WEB sémantique (RDF) comme base de description des ontologies. Les différentes modélisations traduisent des représentations mentales et des cultures différentes. La progression vers des pratiques plus collaboratives nécessite de faire dialoguer des personnes qui ont des représentations très différentes du monde. Par exemple : La CAO est un monde de création d'objets. Le SIG est un monde de description de l'existant.

Il y a plus de 50 ans de construction et de maturation de standards et de normes dans le domaine du numérique. Se fixer des exigences de construire de nouveaux standards en 2 ans est-il un challenge réaliste ?

#### Comment assure-t-on la continuité numérique entre toutes ces vues d'une même réalité ?

Beaucoup de plateformes sont en forte évolution avec des progressions beaucoup plus rapides que celles constatées dans les années 2000 autour du SIG. On peut espérer de cette temporalité qui se raccourcit, que les convergences se fassent plus rapidement.

Le partage large de l'analyse proposée par ce document, une fois validée par MINND, pourrait aider les éditeurs de solutions à stabiliser une vision et à converger plus rapidement vers un modèle commun. Et particulièrement accélérer la séparation des données et des traitements, la séparation des plateformes et des jumeaux.

#### Analyse d'écart : les outils actuels supportent-ils les pratiques ciblées ?

Ce paragraphe se focalise sur les outils et leur capacité à supporter les pratiques collaborative et les standards de gestion de la donnée.

Les outils du SIG ont saisi la balle du SOA au bond en concevant très tôt des architectures de service avec les protocoles WMS et WFS.

Les outils de la CAO, bien que plus anciens, sont restés sur un système archaïque de gestion de fichiers. Ce système n'a pas la fluidité, ni la continuité numérique optimale. Il induit des pertes de temps d'assemblage et de conversions, ainsi que d'importants risques d'erreur.

**Propositions de road  
map**

Quelques idées susceptibles de développements ultérieurs :

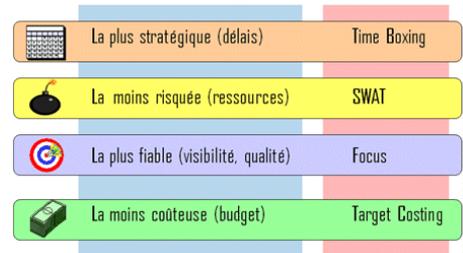
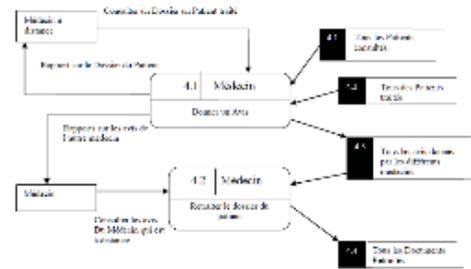
- *Enchaînement d'étapes en partant de l'état de l'art actuel.*
- *Comment aborder la question des aspects juridiques ?*
- *Quelles ressources nécessaires pour la mise en œuvre ?*
- *Quel Business model ?*
- *Quels risques ?*
- *Cinétique d'adoption et de non adoption.*
- *Entrées / Sorties. Pour quoi ça marche ? Quelle production ?*
- *Identification des acteurs.*

# 7. ANNEXES

## ANNEXE I : Méthodes de modélisation

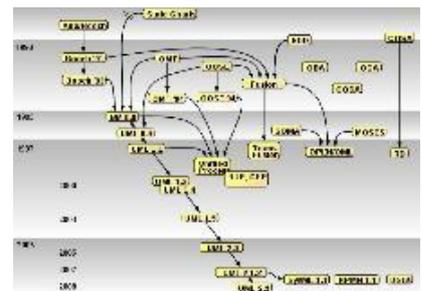
### Modéliser l'information ou l'entreprise ?

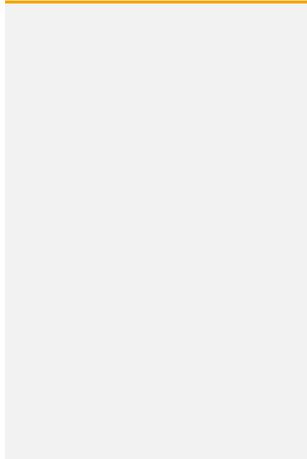
- 1976 : RACINES (Rationalisation de Choix Informatiques), par le ministère de l'industrie pour **étudier la stratégie du système d'information** et établir un schéma directeur.
- 1978 : MERISE initiée par le ministère de l'industrie, pour définir une méthode de **conception des systèmes d'information**. Mise au point par le CTI et le CETE. **Basée sur la séparation des données et des traitements.**
- 1990 : OSSAD le résultat du programme Européen ESPRIT (European Strategic Program for Research in Information Technology), avec objectif de **modéliser les processus d'entreprise**.
- 1990 : EPC représente graphiquement l'enchaînement des évènements et des activités qui forment les processus métiers d'une entreprise. Développé en Allemagne selon les **principes d'architecture numérique ARIS à 5 niveaux**.
- 1991 : RAD (Rapid Application Development) **1<sup>ère</sup> méthode AGILE**
- 1991 : VSM représentation des flux qui s'écoulent dans une chaîne de valeur, séparation des activités à valeur ajoutée de celles qui n'en n'ont pas. Méthode support du **LEAN management**.



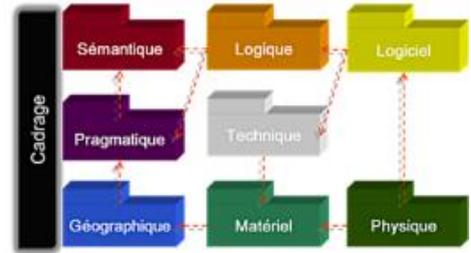
### La tendance : architecture de SERVICES et OBJETS

- 1989 : OMG Open Management Group, consortium américain dont l'objectif est de standardiser et promouvoir **le modèle objet**. L'OMG est à l'origine des standards UML, MOF, **CORBA**, IDL. Elle maintient depuis 2008, le standard BPMN créé par le BPMI en 2004.
- 1997 : UML Unified Modeling Language, modélisation graphique normalisée pour visualiser la **conception d'un système orienté objet**. Très adapté à la conception de logiciels, met l'accent sur **l'analyse et la conception d'un système d'information**. N'est pas adapté à la modélisation des processus d'une entreprise.





- 2003-2006 : PRAXEME recommandé par la direction générale de la modernisation de l'Etat, utilisée par l'armée de terre, la CAF, ... Préconise les **architectures de services (SOA)**, s'appuie sur **MERISE** et **UML**.
- 2004 : BPMN Business Process Management 1 Notation, initié par le BPMI (Business Process Management Initiative) et repris depuis 2008 par l'OMG. Modèle créé en complément de la notation UML. Met l'accent sur **l'analyse et la conception des processus métiers**. N'est pas adapté à la modélisation d'un système d'information.



**ANNEXE 2 :**  
**Évaluation des outils**  
**actuels**

FAMILLES de Critères	CRITERES	SYNTHESE	Plateforme 1	Plateforme 2	Plateforme 3	Plateforme 4	Plateforme 5	Plateforme 6
Critères communs à tous les éléments de l'architecture numérique	Accès via des protocoles de services standards	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Accès à distance (mobile)	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Magasins pour applications mobiles	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Les services véhiculent des conteneurs	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ECD 1. Pour le contrôle des accès	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Critère pour les plateformes collaboratives	ECD 2. Pour l'accès aux données en mode objet	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Adaptée au domaine d'une organisation	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Adaptable aux particularités et aux évolutions de l'organisation	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Adaptable aux évolutions de maturité	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Intégration et visualisation de données	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Capacité à enregistrer des décisions	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Capacité à gérer la cohérence des enregistrements de décisions sur les différents jumeaux	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Critères pour les espaces de stockage (jumeaux numériques)	Gestion des échanges entre acteurs	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Mise à disposition d'outils de lecture / écriture des données du jumeau	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Services de contrôle de cohérence	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Services de contrôle des règles du propriétaire	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Sécurisation des données	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Accès pérenne aux données (contractuel ?)	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Performances	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gestion des sauvegardes	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gestion de l'archivage	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gestion cloud	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Exemples d'Outils métiers	Technologie de stockage	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gestion de planing (GANTT, Tilos, ...)	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gestion de projet (WBS, ...)	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	SIG	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CAD	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gestion des exigences	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Intégrateurs 3D	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Outils métiers spécifiques	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gestion des coûts	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Outils de communication (plateformes)	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Magasins d'applications mobiles	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gestion des ressources	0						
	...	0						