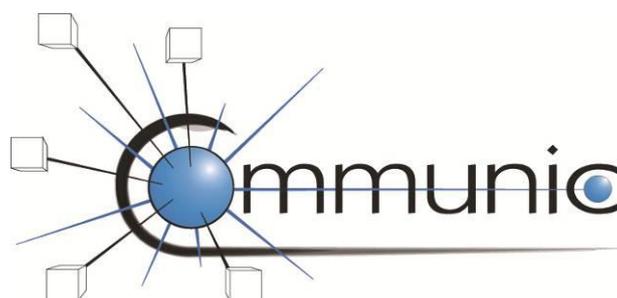


# COMMUNIC

## Livrables

## L2 : Recommandations de mise en œuvre de la maquette numérique

Version du 10/12/2010



Collaboration par la Maquette Multi-Usage  
Numérique et l'Ingénierie Concourante



**Sommaire**

page

<b>Présentation du livrable L2 .....</b>	<b>3</b>
<b>COMMUNIC : un mémoire, trois livrables .....</b>	<b>3</b>
<b>Contenu des chapitres du livrable L2.....</b>	<b>4</b>
<b>Aide à la lecture .....</b>	<b>5</b>
<b>A - Outils et fonctionnalités.....</b>	<b>7</b>
<b>Introduction : la situation des outils d'aujourd'hui .....</b>	<b>8</b>
<b>Les outils du modèle global COMMUNIC .....</b>	<b>9</b>
<b>A1- Les logiciels de la MN .....</b>	<b>12</b>
<b>A2- Les Logiciels Métier .....</b>	<b>20</b>
<b>A3- Les autres outils collaboratifs.....</b>	<b>23</b>
<b>B – Concernant les projets.....</b>	<b>27</b>
<b>Introduction : de la GED à la MN.....</b>	<b>28</b>
<b>B1- Mise en place de la MN .....</b>	<b>30</b>
<b>B2- Gestion de la MN pendant la conduite de projet.....</b>	<b>33</b>
<b>B3- Développement de la confiance.....</b>	<b>45</b>
<b>C - Concernant l'entreprise .....</b>	<b>49</b>
<b>Introduction : de fortes implications sur l'entreprise.....</b>	<b>50</b>
<b>C1- Implications dans les processus de l'entreprise .....</b>	<b>51</b>
<b>C2- Implications spécifiques sur le processus RH.....</b>	<b>57</b>
<b>D- Concernant le secteur des travaux publics .....</b>	<b>61</b>
<b>Introduction : tout le secteur est concerné.....</b>	<b>62</b>
<b>D1- Pourquoi il est nécessaire de s'organiser .....</b>	<b>63</b>
<b>D2- Évolution des rôles des acteurs .....</b>	<b>67</b>
<b>D3- Réglementation et législation.....</b>	<b>70</b>
<b>D4- Stratégies de standardisation .....</b>	<b>73</b>
<b>D5 – La standardisation appliquée à COMMUNIC .....</b>	<b>77</b>
<b>E – Concernant les méthodes de conduite du changement.....</b>	<b>83</b>
<b>Introduction : vers une nouvelle façon de travailler.....</b>	<b>84</b>
<b>E1- Proposition de méthode .....</b>	<b>85</b>
<b>E2- Autres conseils pratiques.....</b>	<b>92</b>



# Présentation du livrable L2

## COMMUNIC : un mémoire, trois livrables

### Le projet COMMUNIC

Le projet de recherche s'appelle COMMUNIC pour *Collaboration par la Maquette Multi-Usages Numérique et l'Ingénierie Concourante*. Il a été retenu par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) suite à un appel à projet de 2006.

Ce projet a été labellisé par le **Pôle de compétitivité ADVANCITY**.

Le projet a **débuté en 2007** et a duré 3 ans.

**Objet** Son objet est de favoriser le développement du travail collaboratif dans les projets d'infrastructures par l'usage d'une maquette numérique (MN).

**Partenaires** Les partenaires du projet sont des :

- **Ingénieries** : EGIS et SETEC TPI.
- **Entrepreneurs** : Bouygues Travaux Publics, Vinci Construction France, Eiffage TP.
- **Centres de recherche et partenaires académiques** : le CSTB, le CRG (de l'école Polytechnique), le LCPC, l'Université Paris Est, et IREX.

### Vue d'ensemble des travaux COMMUNIC

Les travaux de recherche effectués dans le cadre du projet de recherche COMMUNIC ont fait l'objet du daily soccer betting picks présent mémoire qui résume le déroulement du projet et les résultats obtenus.

Afin de rendre plus pratique l'exploitation de ce mémoire, nous l'avons complété par 3 livrables qui :

- restituent plus en détail nos travaux,
- fournissent des points de vue particuliers sur nos conclusions.

### Les livrables du projet COMMUNIC

Le tableau ci-dessous présente les 3 livrables :

Livrable	Titre	Mission	Contenu
L1	<i>Modèle global</i>	Décrire le <b>modèle organisationnel et technologique</b> qui supportera le travail collaboratif avec une maquette numérique partagée	Description globale du modèle. Valeurs et utilisations attendus. Structuration des informations et leur circulation. Adaptations des organisations. Redistribution des responsabilités.
L2	<i>Recommandations de mise en œuvre de la maquette numérique</i>	Lister les <b>recommandations</b> pour les acteurs concernés.	Outils. Projets. Entreprises. Secteur des TP. Conduite du changement.
L3	<i>Programme fonctionnel de la maquette numérique</i>	Destiné aux éditeurs de logiciels qui devront adapter ou créer les logiciels permettant l'utilisation de la maquette numérique.	Projets concernés. Système proposé avec les fonctionnalités attendues, l'architecture, le modèle de données et la standardisation.

Le secrétariat de rédaction et la correction finale ont été assurés par la société **Artecomm**, à l'aide de MRS, l'Écrit Intelligible®.



## Contenu des chapitres du livrable L2

### Les recommandations en matière d'outils...

Le premier chapitre est à l'usage de tous les **acteurs du changement**.<sup>1</sup>

Ce chapitre classe les logiciels en trois familles :

- les logiciels qui **concernent la MN**,
- les logiciels **métier** propres à chaque acteur spécialisé,
- les logiciels **collaboratifs** autres que ceux liés à la MN.

### ... pour conduire un projet avec une maquette numérique

Le deuxième chapitre est centré sur la conduite des projets avec :

- les structurations et choix à faire au **lancement** du projet,
- les processus à mettre en œuvre pour **utiliser la maquette** numérique,
- le développement de la confiance qu'il faut développer pour l'outil puisse **être approprié** par tous les acteurs du projet.

### ... pour qu'une entreprise puisse développer le travail collaboratif avec la maquette numérique ...

Le troisième chapitre est destiné aux **managers** des entreprises qui vont conduire le changement.

Les recommandations sont classées par grand processus que l'on trouve pratiquement dans toutes les entreprises. Ce classement doit **faciliter la mise en œuvre** des actions pour conduire le changement.

### ... et pour que le secteur effectue dans son ensemble le changement

Le quatrième chapitre est destiné à l'ensemble des acteurs du secteur. Il s'agit bien sûr des entreprises, et des fédérations, des administrations, des donneurs d'ordre, des éditeurs de logiciels, etc.

Il couvre :

- **l'organisation** de la profession,
- le **comportement** des acteurs,
- les **adaptations** réglementaires et législatives,
- la **standardisation** des informations échangées,

### En conclusion, une méthode de conduite des changements est présentée

Le cinquième et dernier chapitre propose un processus de **conduite du changement**, en V, couvrant successivement :

- métiers du secteur de la construction,
- culture,
- processus de l'entreprise et des projets,
- méthodes d'utilisation des outils,
- outils informatiques,

<sup>1</sup> Les éditeurs de logiciels compléteront cette lecture par le livrable 3 qui leur est plus spécifiquement destiné.

## Aide à la lecture

### Sigles

Les sigles d'emploi fréquent dans le document sont explicités ci-dessous.

Sigle	Signification
APS	Avant projet sommaire
AVP	Avant projet
BE	Bureau d'études
BIM	Building information modelling
BTP	Bâtiment et travaux publics
CAO	Conception assistée par ordinateur
CCAG	Cahier des clauses administratives générales
CE	Contrôle externe
D&B	<i>Design and build</i>
DAO	Dessin assisté par ordinateur
DCE	Dossier de consultation des entreprises
GED	Gestion électronique de documents
IFC	<i>Industry foundation classes</i>
KM	<i>Knowledge management</i>
MN	Maquette numérique
MOA	Maître d'ouvrage
MOE	Maître d'œuvre
MOP	Maîtrise d'ouvrage publique
PLM	<i>Product life management</i>
PPP	Partenariat public privé
R&D	Recherche et développement
SaaS	<i>Software as a service</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SGBD	Système de gestion de base de données
SIG	Système d'information géographique
STEP	<i>STandard for the Exchange of Product model data</i>
TP	Travaux publics

### Glossaire

Les termes métier dont la définition (inspirée de [www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr)) est nécessaire à la compréhension du présent document sont repris dans le tableau suivant.

Terme	Définition
<i>Benchmarking</i>	Le <b>benchmarking</b> , en français référénciation, étalonnage ou parangonnage, est une technique de gestion de la qualité qui consiste à étudier et analyser les techniques de gestion, les modes d'organisation des autres entreprises afin de s'en inspirer et d'en retirer le meilleur.
<i>Building Information Modelling</i>	Le BIM couvre les processus de production et de gestion des données de construction tout au long de la conception d'un bâtiment.
<i>BuildingSmart</i>	Le site francophone de la maquette numérique dans le Bâtiment. <a href="http://www.buildingsmart.fr/">http://www.buildingsmart.fr/</a>
<i>Clash, Conflit, Interférence</i>	Ces trois termes sont utilisés de façon indifférenciée dans les livrables et le mémoire.
Géolocalisation	La <b>géolocalisation</b> ou <b>géoréférencement</b> est un procédé permettant de positionner un objet (une personne, une information...) sur un plan ou une carte à l'aide de ses coordonnées géographiques.
IFC	Le format <b>IFC</b> ( <i>Industry Foundation Classes</i> ) est un format de fichier orienté objet utilisé par l'industrie du bâtiment pour échanger et partager des informations entre logiciels.
<i>Open Source</i>	La désignation <b>open source</b> s'applique aux logiciels dont la licence respecte des critères précisément établis par l'Open Source Initiative, c'est-à-dire la possibilité de libre redistribution, d'accès au code source et de travaux dérivés. Souvent, un logiciel libre est qualifié de « open source », car les licences compatibles open source englobent les licences libres selon la définition de la FSF. Le terme <i>open source</i> est en concurrence avec le terme « <i>free software</i> » recommandé par la FSF. Le terme « <i>freeware</i> » (gratuitiel) désigne des logiciels gratuits qui ne sont pas nécessairement ouverts ou libres.
Norme / Standard	Une <b>norme</b> (industrielle) est un référentiel publié par un organisme de normalisation comme Afnor, CEN, ISO, OASIS Un <b>standard</b> [...] un référentiel commun et documenté destiné à harmoniser l'activité d'un secteur.
STEP	Le <b>standard pour l'échange de données de produit, STEP</b> , ou <b>ISO 0303</b> porte sur la représentation et l'échange de données de produits et a pour objectif d'intégrer les processus de conception, de développement, de fabrication et de maintenance de ces derniers.



Page laissée blanche intentionnellement

# A - Outils et fonctionnalités

<b>Introduction : la situation des outils d'aujourd'hui .....</b>	<b>8</b>
<b>CAO et DAO ne résolvent pas tout .....</b>	<b>8</b>
<b>Les outils de conception sont indépendants .....</b>	<b>8</b>
<b>Ce qui manque, les outils fédérateurs pour un modèle global .....</b>	<b>8</b>
<b>Les outils du modèle global COMMUNIC .....</b>	<b>9</b>
<b>Le nouveau schéma d'architecture des fonctionnalités.....</b>	<b>9</b>
<b>Les fonctionnalités Métier .....</b>	<b>9</b>
<b>La Passerelle .....</b>	<b>9</b>
<b>Les fonctionnalités Maquette Numérique .....</b>	<b>10</b>
<b>Niveau plus détaillé .....</b>	<b>10</b>
<b>A1- Les logiciels de la MN .....</b>	<b>12</b>
<b>Les quatre catégories d'outils constituant la MN.....</b>	<b>12</b>
<b>Les logiciels de stockage et de gestion des données .....</b>	<b>12</b>
<b>Le navigateur « universel » .....</b>	<b>15</b>
<b>Les logiciels de vérification et de synthèse.....</b>	<b>18</b>
<b>La passerelle d'échange .....</b>	<b>19</b>
<b>A2- Les Logiciels Métier .....</b>	<b>20</b>
<b>Préambule.....</b>	<b>20</b>
<b>Les logiciels de modélisation.....</b>	<b>21</b>
<b>Les logiciels de calcul et de simulation .....</b>	<b>22</b>
<b>A3- Les autres outils collaboratifs.....</b>	<b>23</b>
<b>Préambule.....</b>	<b>23</b>
<b>La messagerie .....</b>	<b>23</b>
<b>La GED .....</b>	<b>24</b>
<b>La géomatique et les SIG .....</b>	<b>25</b>
<b>Cas particulier : outils PLM .....</b>	<b>26</b>



## Introduction : la situation des outils d'aujourd'hui

### CAO et DAO ne résolvent pas tout

La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et le Dessin Assisté par Ordinateur (DAO) ont été une **révolution** dans le domaine de l'ingénierie et connaissent un succès reconnu depuis leur origine.

**Finalité** Leur finalité est de produire :

- des plans 2D,
- des vues 3D (plus récemment),
- des notices ou rapports,

définissant l'ouvrage à construire.

**Gain de temps** Ils ont permis de faire automatiquement et plus rapidement ce que le projeteur et le dessinateur faisaient manuellement.

**Défaut fondamental : l'absence d'objets** Cependant le DAO reste destiné comme initialement à dessiner en 2D. À l'heure actuelle, le DAO 2D représente la **pratique majoritaire dans les TP**.

Des évolutions ont eu lieu depuis les années 70, avec la modélisation en 3D (filaire, surfacique puis solide) et le dessin paramétrique.

Le défaut fondamental de cette pratique est que les outils associés ne sont pas basés sur des objets. Par exemple, au lieu de dessiner un mur, on dessine des lignes avec une épaisseur et un style normés. Pourtant, cette ligne peut représenter un mur, une poutre ou une cloison.

### Conséquences négatives de l'absence d'objets

Ce défaut implique que :

- Les **dessins** sont **difficiles à interpréter** en objets réels (d'où des confusions et de mauvaises compréhensions).
- Les caractéristiques des **objets réels** sont **séparées de la géométrie** dessinées dans des notices et autres documentations écrites.
- Les **exploitations** du dessin au titre d'expertises métiers (calcul de bruit, structure, trafic, etc.) **obligent** à une **ressaisie** orientée « métier » au sein d'un outil « métier ». Elle permet d'ajouter les informations nécessaires à cette spécialité en plus de la simple géométrie.

### Les outils de conception sont indépendants

La conception d'une infrastructure nécessite l'intervention de **nombreux acteurs** qui enrichissent la conception puis la réalisation. Chaque acteur fait la conception des parties de l'ouvrage qui correspondent à son domaine. Les **conceptions** sont donc **indépendantes** et la conception globale consiste trop souvent à les juxtaposer.

Heureusement, les concepteurs expérimentés savent intégrer l'environnement des conceptions des autres domaines. Mais les outils qu'ils utilisent ne savent pas travailler en complémentarité.

Les outils logiciels sont indépendants **sans interopérabilité**.

### Ce qui manque, les outils fédérateurs pour un modèle global

Il manque des outils fédérateurs pour favoriser le travail collaboratif entre tous les acteurs en assurant une cohérence entre tous les outils et éviter les ressaisies du système actuel.

Les GED (Gestion Électronique de Documents), SIG (Système d'Information Géographique), messageries, développés pour cela, ont apporté de réelles améliorations. Ils n'apportent qu'une réponse partielle à l'exigence d'un modèle global.



## Les outils du modèle global COMMUNIC

### Le nouveau schéma d'architecture des fonctionnalités

Le modèle global est décrit de manière détaillée dans le livrable L1.

Nous avons décidé d'appeler *Maquette Numérique* (MN) l'ensemble des fonctionnalités qui vont permettre aux métiers de travailler ensemble sur le projet.

Le périmètre de la MN fait l'objet du schéma d'architecture fonctionnelle ci-après :

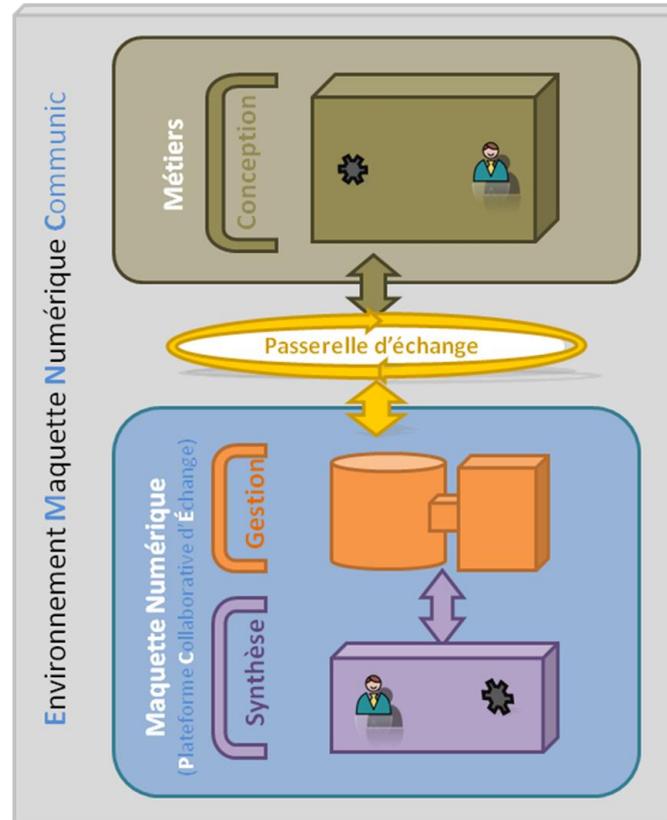


Figure A- 1 Schéma simplifié d'architecture des fonctionnalités <sup>2</sup>

### Les fonctionnalités Métier

Les fonctionnalités Métier existent pratiquement toutes aujourd'hui. On y retrouve :

- **Modélisation du projet avec la définition géométrique** des objets qui le composent. Cette modélisation permettra :
  - de construire la maquette numérique assemblant les objets,
  - d'établir les plans de définition des objets et de l'ouvrage analogues à ceux qui sont produits aujourd'hui.
- **Calculs** qui justifient le dimensionnement et les caractéristiques techniques en général. **Simulations** Métier d'aide à la conception. **Visualisations** Métier des résultats.

**Les outils qui permettent de remplir ces fonctionnalités** sont appelés *Logiciels Métier* et les recommandations qui les concernent sont décrites au sein du module A2 ci-après.

### La Passerelle

Pour que les *Logiciels Métier* puissent échanger avec les *Outils MN*, il faudra vérifier que le format d'échange est conforme au standard convenu. Cette vérification (qui pourra comprendre quelques conversions) constitue la fonctionnalité de *Passerelle* entre les deux pavés.

<sup>2</sup> Ce schéma a été inspiré des travaux du projet de recherche InPro du 6<sup>ème</sup> PRD (Programme de Recherche et Développement)

**Les fonctionnalités  
Maquette Numérique**

Les fonctionnalités MN sont de deux types :

- **Gestion** des informations donnant aux acteurs les informations dont ils ont besoin.
- **Synthèse** offrant :
  - la **vision complète** du projet,
  - le **contrôle** de sa **cohérence**.

Les outils qui permettent de remplir ces fonctionnalités de maquette numérique sont appelés **Outils Maquette Numérique**, ou *Outils MN*, et les recommandations qui les concernent sont décrites au module A1 ci-après.

**Niveau plus détaillé**

Sans entrer dans le détail des différents outils (métier et MN), le schéma devient ainsi le suivant :

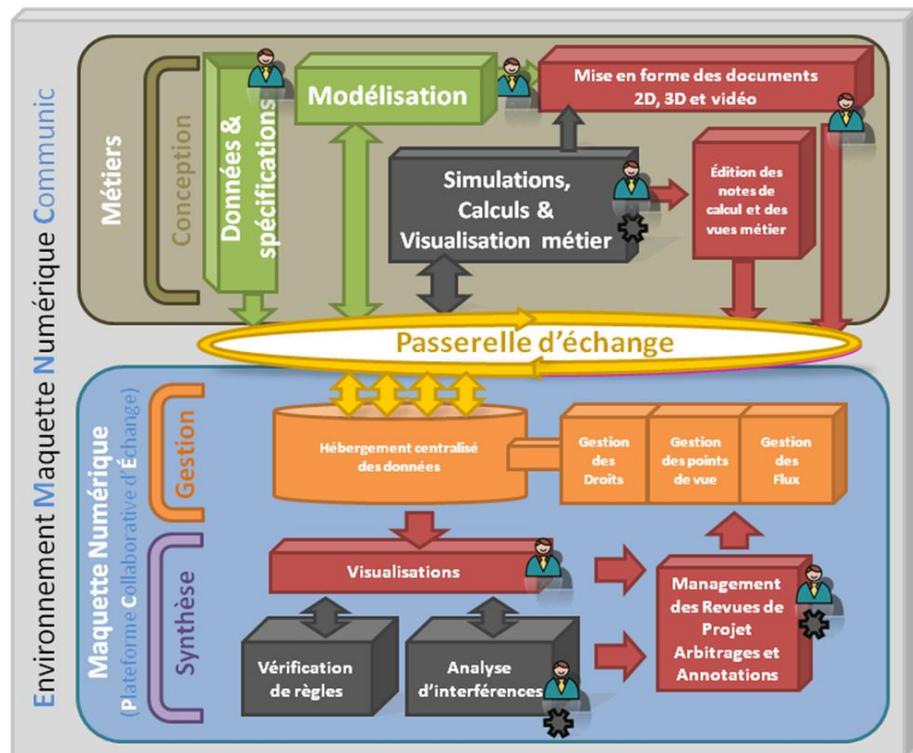


Figure A- 2 Schéma d'architecture des fonctionnalités élémentaires<sup>3</sup>

À chacun des pavés de ce schéma correspondent des tâches élémentaires.

Les processus du modèle global conduisent à se déplacer d'un pavé à l'autre en enrichissant les informations avec l'aide de logiciels (métier ou MN).

<sup>3</sup> Ce schéma a été inspiré des travaux du projet de recherche InPro du 6<sup>ème</sup> PRD (Programme de Recherche et Développement)

**Les processus font circuler les informations**

Pour comprendre le principe, nous avons dessiné ci-après un des circuits possibles avec la mise en évidence :

- des **échanges**, fréquents, entre le concepteur et la MN ;
- du **passage stratégique par la passerelle d'échange** qui garantira le format standard des données.

Permettre le passage des informations à travers la passerelle de manière sécurisée et automatique **est l'enjeu principal du modèle global de COMMUNIC.**

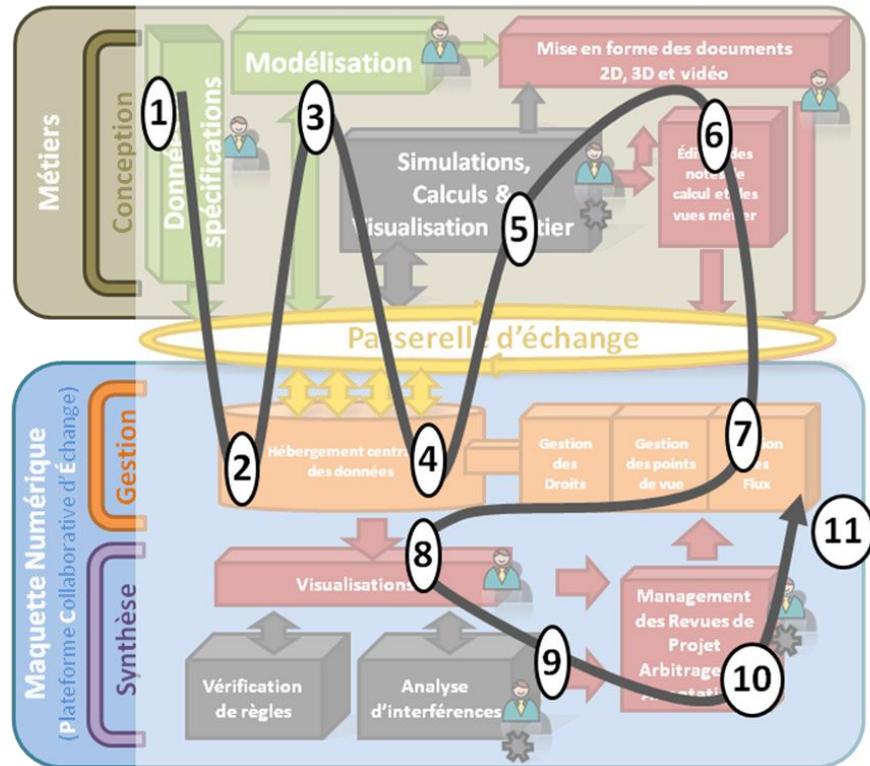


Figure A- 3 Exemple de circuit des informations dans le schéma d'architecture

Dans cet exemple, le cycle de vie des données projet entre les différents logiciels suit les étapes suivantes :

Étape	Action
1	Les spécifications du client ainsi que les données disponibles sont ordonnées et classifiées sur l'environnement du projet.
2	Des données, des catalogues et chartes de modélisation (modèles par défaut) hébergés par la MN, sont extraits.
3	Une réponse géométrique aux besoins exprimés par le client est modélisée.
4	Cette modélisation est hébergée au sein de la plateforme.
5	La conception est complétée par des analyses, des calculs ou simulations.
6	Les résultats des simulations et calculs sont documentés.
7	Le tout est hébergé et géré dans la MN.
8	La navigation dans la MN permet de visualiser les propositions.
9	Les tests de cohérence, d'intégration et de synthèse sont réalisés et analysés.
10	Les choix de conception donnent éventuellement lieu à des arbitrages.
11	La conception retenue est stockée dans la MN pour être vue et utilisée par d'autres acteurs.

## A1- Les logiciels de la MN

### Les quatre catégories d'outils constituant la MN

Dans ce module, nous parlons successivement :

- des **logiciels de stockage et de gestion** des données centralisées,
- du **navigateur « universel »** (et « viewers »),
- des **logiciels de vérification et de synthèse**,
- de la **passerelle d'échange**.

Nous avons classée cette dernière avec les logiciels de MN même si nous aurions pu en faire une catégorie spécifique compte tenu de sa fonction intermédiaire entre les logiciels métier et la MN.

### Le livrable L3 complète ce module

Nous donnons dans ce module une description des recommandations générales issues de nos travaux. Elles permettent aux acteurs de comprendre :

- les **fonctionnalités** attendues de la MN,
- l'**architecture** des outils envisagés pour répondre à ces fonctionnalités,
- les **contraintes** qu'il faut prendre en compte pour mettre en place cette MN.

Le livrable L3 « *Programme fonctionnel de la MN* » complète cette présentation en fournissant, surtout pour les éditeurs de logiciels, les détails des choix que nous avons faits.

### Les logiciels de stockage et de gestion des données

Nous nous intéressons ici aux caractéristiques des SGBD qui ont un impact sur la conception et la mise en œuvre de la MN. Un rappel minimaliste des caractéristiques majeures des SGBD se trouve en fin du présent item.

#### Définition

Le stockage de données ou informations couvre l'**hébergement** et l'**enregistrement** des données :

- dans une base de données,
- sous un format parfaitement structuré,
- sur un support matériel (serveur),

en vue de leur réutilisation future (parfois plusieurs dizaines d'années après).

#### Gestion des données

La gestion des données recouvre pour nous, la gestion des :

- **versions**,
- **variantes**,
- **statuts de validation** des informations et des circuits associés,
- **propriétés** : informations privées, publiques, propriétés intellectuelles, etc.

Actuellement, ces fonctionnalités peuvent être trouvées dans les logiciels de Gestion Électronique de Documents (GED) et de *Product Lifecycle Management* (PLM). Mais ces logiciels sont conçus pour gérer les documents ou les fichiers, pas les informations portées par les objets.

Parfois, nous trouvons aussi une partie de ces fonctionnalités dans certains modeleurs et logiciels de revue de projet. Par exemple, Revit intègre la fonction de gestion de variante. En utilisant la suite *Bentley*, *Dynamic Review* peut accorder un processus de validation aux objets.

Malheureusement, les fonctionnalités telles qu'elles existent aujourd'hui mais sont loin d'être parfaitement complètes et adaptées, notamment pour l'état de **validation** ou de **maturité** des données. Aujourd'hui les outils proposés sont le plus souvent des **GED plus ou moins optimisées** là où il nous faudrait utiliser un PLM de projet.

#### Traçabilité

Il s'agit de garder un **historique** de manipulation sur les données. Ceci permettra d'établir la **confiance** entre les partenaires et de tracer les décisions prises.

Cette fonctionnalité apparaît également dans les GED et les PLM pour une base de fichiers. Il convient de la transposer aux informations attachées aux objets.



#### **Gestion des « points de vue »**

La MN va contenir énormément d'informations. Chaque acteur métier est confronté à, outre ses propres informations :

- Des informations qu'il ne manipule pas, mais font partie de son environnement car elles lui permettent de comprendre le contexte.
- Des informations, bien plus nombreuses, sans intérêt pour lui.

La notion de « points de vue » résulte de l'obligation de **filtrer** les informations pour mettre en évidence celles qui concernent chaque acteur sans qu'il soit noyé par toutes les autres.

Il est donc nécessaire que le SGBD assure la gestion des points de vue de chacun des acteurs. Cette gestion sera utile à au moins :

- les **échanges** avec les logiciels métiers (via la passerelle d'échange) en filtrant les données utiles à ces logiciels ;
- le **navigateur** :
  - en triant les objets et informations utile à chaque acteur, c'est-à-dire ceux qu'ils utilisent et ceux qui constituent son environnement,
  - dans sa fonction de visualisation, pour spécialiser des représentations des objets.

Cette fonction de gestion des points de vue n'existe pas actuellement dans les SGBD.

#### **Exploitation de l'arborescence du projet**

Dans le même objectif que la gestion des points de vue, il faut pouvoir :

- exploiter la **structuration** du projet en objets.
- **accéder ou extraire** les objets et informations correspondant à un objet donné ou un système,
- les **visualiser** par un filtre automatique.

À chaque niveau correspond un critère de tri : objet fonctionnels, objets métier, etc. Il s'agit donc de gérer l'arborescence du projet avec son évolution au cours du cycle de vie.

L'entrée dans la base de données à partir de cette arborescence est une nouvelle fonctionnalité majeure attendue.

L'exemple ci-dessous est extrait de la structuration que nous avons faite dans le cadre de notre expérimentation sur un projet test.

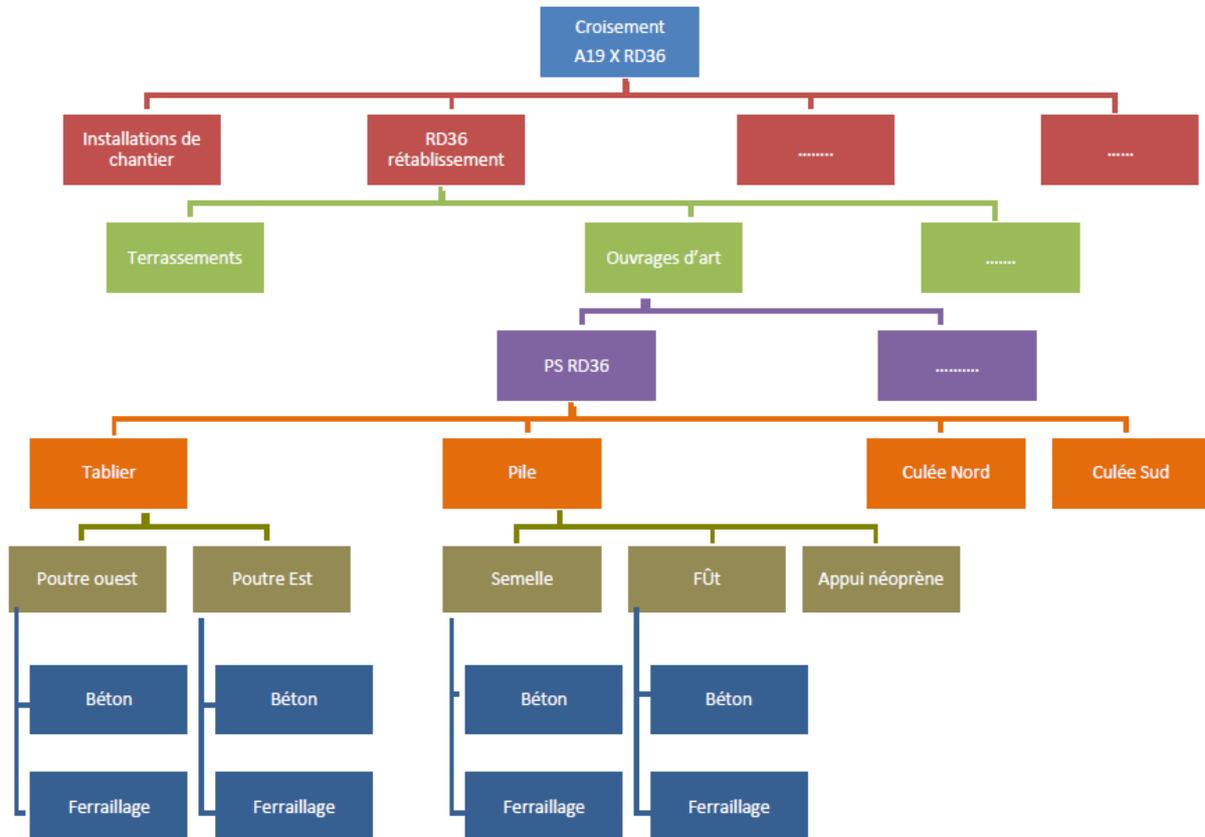


Figure A1-1 : Extrait de la structuration en objets d'un projet

#### **SGBD,** **points clés**

Le système de gestion de base de données (SGBD) est un ensemble de **logiciels** qui sert à **utiliser** une base de données. Il peut être acquis et mis en place par l'entreprise elle-même ou par une société qui propose ce type de service. Concrètement, la base de données peut être stockée au sein de l'entreprise ou dans un centre de traitement de données.

Les SGBD actuels assurent les principales fonctions suivantes :

- **Relation entre les données.** Le SGBD permet d'établir et de gérer les relations entre les données.
- **Intégrité de données.** Le SGBD assure la fiabilité et la cohérence des données. C'est une des caractéristiques principales de tous les SGBD.
- **Sécurité de données.** Le SGBD assure la sécurité de données, notamment par un contrôle des droits d'accès.
- **Vue sélective des données.** Le SGBD permet à chaque utilisateur de voir seulement les données auxquelles il a le droit et dont il a besoin.
- **Partage de données.** Le SGBD offre la possibilité à plusieurs applications de partager les mêmes données.

## Le navigateur « universel »

À partir du modèle de données objet défini par COMMUNIC, le navigateur est l'outil de la MN qui permet de :

- **consulter** les données stockées (géométries 3D, attributs et liens, arborescences) ;
- **visualiser** les objets aux différents niveaux en se déplaçant en temps réel dans l'ouvrage virtuel ;
- faire un **lien géolocalisé** entre les informations et les objets qui les portent.

Le navigateur sera **l'outil de base** d'utilisation de la MN.

Nous parlons là d'un navigateur « universel » pour la MN. Il ne s'agit pas des navigateurs dédiés à un métier qui permettent la conception spécialisée dans un domaine. Ces navigateurs pourront soit rester dans les logiciels métier du domaine, soit constituer un module spécifique intégrable à la MN.

### Il existe déjà de nombreux navigateurs de visualisation

Dans l'offre actuelle des logiciels, nous pouvons trouver de nombreux produits pour visualiser certains formats de données.

Beaucoup sont distribués à titre gratuit. Citons par exemple :

- Revit Viewer (.rvt),
- Bentley View (.dgn),
- Solibri Model Viewer (.ifc et .smc),
- Nemetschek IFC Viewer (.ifc),
- DDSViewer (.ifc).

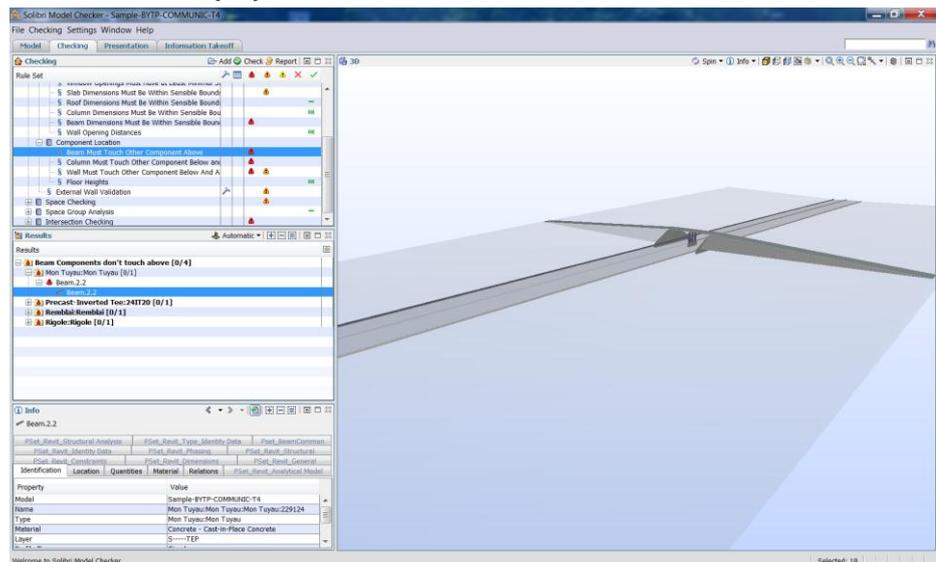


Figure A1-2 : Exemple de navigation dans Solibri viewer

### Gestion des droits d'accès en lien avec le SGBD

Le navigateur affiche seulement les informations correspondant aux droits d'accès accordés à l'utilisateur. Pour cela, il fait appel au module de la gestion de droits d'accès concernant la :

- visualisation avec la notion de **données privées** et **données publiques**,
- modification avec la notion de **propriété de l'information**.

#### **Requêtage du navigateur**

Le requêtage permet de **limiter les données** à visualiser. L'utilisateur n'est pas noyé dans une masse d'informations trop importantes et il retrouve rapidement les informations dont il a besoin.

Les critères de requêtage proposés par COMMUNIC sont les suivants.

#### ■ Géolocalisation

Plusieurs cas de figure nécessitent de charger seulement une **partie** de projet par géolocalisation. Dans le cas d'un projet complexe, il est probable qu'un ingénieur soit en charge seulement d'une zone du projet. Par exemple, un ingénieur terrassement fait les études pour les premiers 10km de route. Il ne s'intéresse peut-être pas directement à la route au delà.

#### ■ Systèmes et métiers

Un système est un ensemble d'objets en relation étroite les uns avec les autres, le tout remplissant une (des) fonction(s) bien définie(s). Dans le cadre du projet COMMUNIC, nous avons **distingué les systèmes** : réseau d'assainissement, péage, signalisation, surveillance, aménagements paysagers, exploitation et service, etc.

Un métier est une activité humaine où les experts métier travaillent sur un ensemble d'objet en utilisant leurs **savoir-faire** pour arriver à un **objectif donné**. Les métiers que nous avons retenu sont la géométrie du projet, les terrassements, le planning, le coût, les chaussées, l'écoulement du trafic, le foncier, l'environnement et l'archéologie.

Afin de faciliter les travaux de chacun des utilisateurs, la possibilité de **requêter** par systèmes et par métiers nous semble indispensable pour la bonne utilisation et les performances de la MN.

#### ■ Liens

Les liens représentent une partie importante de la MN. Et, ils ne sont pas souvent visualisables dans les interfaces graphiques. Cependant, afin de bien comprendre les relations entre les objets, il faut trouver un moyen de les faire **ressortir**.

#### ■ Attributs généraux

À part des requêtes spécifiques citées au-dessus, le navigateur de données devra permettre une requête sur n'importe quel attribut. Cette **liste** n'est pas exhaustive car d'autres critères de requêtage apparaîtront à l'usage de la MN.

**Visualisation  
des résultats  
d'analyses métier**

Les conceptions spécialisées des métiers se traduiront par des **calculs**, des **analyses**, des **simulations** voire des **visualisations**.

Lorsque le concepteur décidera de partager les résultats avec les autres acteurs, il les déposera dans la MN. Le navigateur permettra alors leur visualisation. En particulier, il sera possible de les visualiser par **superposition** des résultats numériques sur le modèle géométrique.

Pour illustrer cette fonctionnalité nous prenons le cas des études acoustiques avec la visualisation des impacts phoniques sur les objets de la MN.

Un logiciel de vérification peut faire le même genre de présentation pour :

- l'analyse des structures,
- l'analyse climatique (chauffage, conditionnement d'air, ventilation),
- la 4D (3D + Planning),
- la 5D (4D + Coût),
- etc.

La figure ci-dessous présente un des affichages possibles de l'impact phonique sur une zone d'un projet.

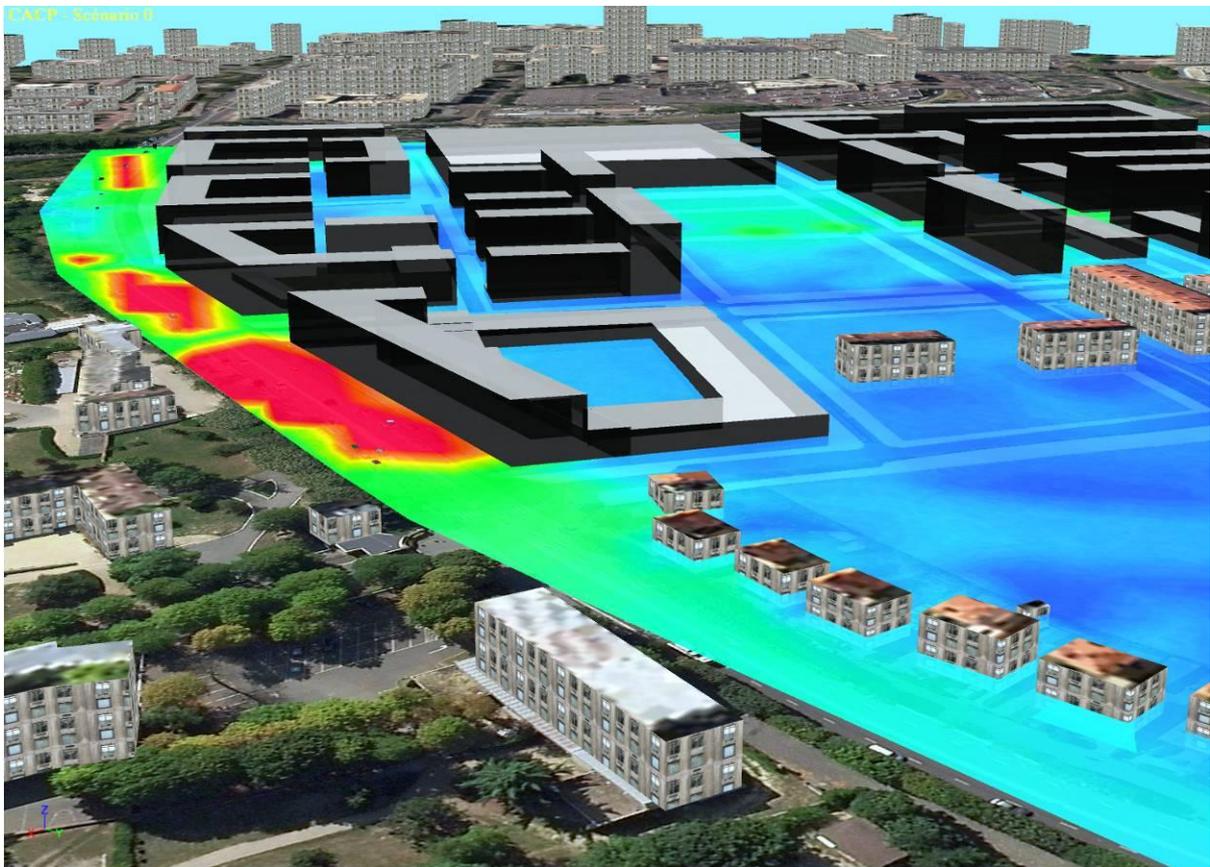


Figure A1 -3 : Visualisation des résultats d'une analyse acoustique

**Les logiciels de vérification et de synthèse**

**Vérification de la réglementation et de la performance**

Les logiciels de vérification et de synthèse font :

- de la vérification de la réglementation et de la performance ;
- de la détection des interférences ;
- du management des arbitrages du projet.

Il s'agit de vérifier **automatiquement** que le résultat est bien conforme aux réglementations et performances exigées par le client.

Par exemple, si une règle relative à la flèche maximale des poutres a été entrée dans la maquette, l'outil de **vérification de règles** sera capable en permanence d'identifier les poutres dont la flèche est supérieure à  $l/250$  ( $l$  est la longueur de la poutre) en cas ELS (État limite de service). Les ingénieurs sont ainsi **informés en temps réel** des éléments qu'il est nécessaire de modifier.

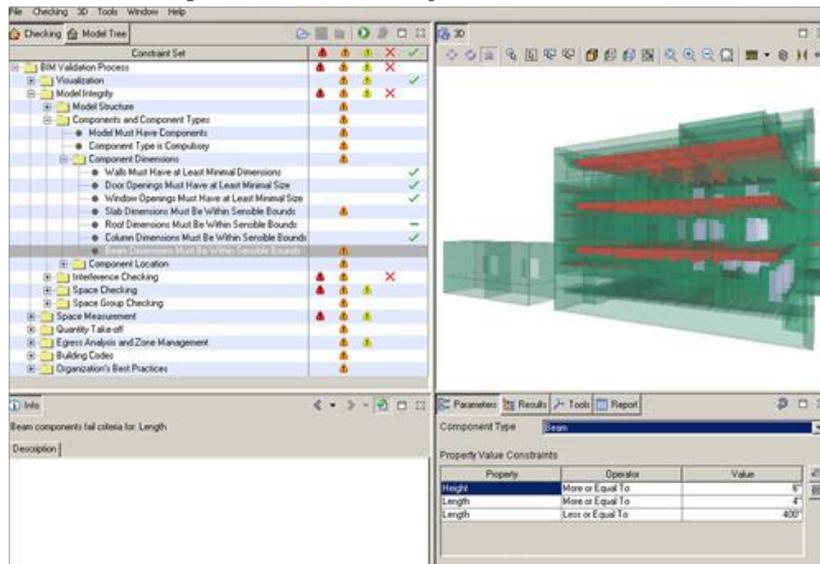


Figure A1-4 : Exemple d'une vue (outil Solibri) permettant de vérifier l'application de règles de conception

**Détection des interférences**

Parmi les informations portées par les objets, il y a la définition géométrique et les liens avec les informations d'autres objets.

Le logiciel de vérification permettra de vérifier automatiquement les :

- **Clashes d'encombrement** : géométries des objets compatibles, leurs volumes ne se chevauchent pas.
- **Clashes d'attributs** : liens définis entre attributs des objets bien respectés.

Aujourd'hui, il y a d'ores et déjà certains logiciels qui permettent d'exporter des rapports de *clashes*. Il faudra s'en inspirer pour développer un outil performant. Cette fonctionnalité sera évidemment particulièrement précieuse pour les arbitrages et les revues de projet. Elle apportera une valeur ajoutée significative.

**Management des arbitrages du projet**

Les visualisations du navigateur, le vérificateur de réglementation et le détecteur d'interférences vont aider à détecter les anomalies de conception ou de cohérence. De même, l'étude de variantes débouche forcément sur un choix de la solution à retenir. Il s'agira donc de **prendre des décisions d'arbitrage**.

Nous pensons qu'un **outil de management de projet** dédié à l'enregistrement de ces décisions pourra être développé pour alimenter le SGBD sur l'historique des décisions prises et leur traçabilité.

Il sera préférable de **l'intégrer à la MN**. Cela permettra de :

- **Dématérialiser les revues** de projet (web service).
- **Diminuer** largement la **quantité de déplacements** dus à la synthèse d'un projet. Chacun pourra « rester » dans son bureau pour réaliser ces réunions qui seront plus fréquentes que dans un processus traditionnel.

## La passerelle d'échange

### **Garantie du modèle des données et des formats d'échange**

La passerelle est l'outil qui permettra d'échanger les informations entre :

- les outils métier ou les données entrées manuellement par les concepteurs,
- et les outils MN pour la gestion des informations et les tâches de synthèse.

Sa fonctionnalité première est d'analyser les informations échangées et de vérifier qu'elles respectent le format neutre et le modèle des données.

En effet, la MN sera développée sur un **format neutre** pour être **interopérable** avec tous les logiciels métier. C'est une condition obligatoire au développement de la MN.

De même, elle sera bâtie sur un **modèle de donnée** (objets, 3D volumique, attributs liens, etc.) qui va contraindre les échanges avec les métiers. Les entrants des logiciels métier ainsi que leurs sortants devront respecter ce modèle.

### **À court terme, la passerelle pourra avoir à réaliser des conversions de données**

La fonctionnalité de vérification ci-dessus suppose que les logiciels métier aient été **adaptés** pour respecter le format neutre et le modèle de données, pour leurs entrants et sortants.

Ce ne sera sans doute pas le cas :

- pour tous les logiciels,
- dans tous les cas,
- à court terme.

Il faudra donc sans doute prévoir des modules dédiés à certains logiciels qui effectueront la **conversion** de ces entrants et sortants au format neutre et au modèle de données. Il est clair que cela constituera un **frein à l'utilisation** de ces logiciels.

À partir du moment où le format neutre sera défini dans un **standard**, il est probable que les éditeurs de logiciels intégreront rapidement dans les logiciels des passerelles de conversion. La passerelle d'échange pourra alors se limiter à la **gestion des vérifications de conformité**.

### **Le cas connexe des exports multimédias**

Les images ou les vidéos pourront être générées et exportées de la base de données notamment pour la communication externe.

Il est aussi souhaitable d'intégrer cette fonctionnalité à la MN pour les raisons suivantes :

- Cet outil collaboratif peut concerner **beaucoup d'acteurs**.
- Cela permet de préserver une **charte graphique** commune au projet.
- Cela permet de tracer quels **exports** ont été réalisés par qui et dans quel état de validation et de maturité.
- Il y a un lien évident avec le **navigateur** et sa **capacité de visualisation**.

La passerelle devra donc gérer la **compatibilité des informations** de ce type stockées dans la MN et les outils de communication qui les utilisent.



## A2- Les Logiciels Métier

### Préambule

La réalisation d'une infrastructure nécessite l'intervention d'un très grand nombre d'acteurs exerçant des métiers très variés. Ils ont chacun une ou plusieurs spécialités et au fil du temps ils ont développé de **nombreux outils logiciels** pour les aider à réaliser leurs prestations. Nous les avons appelés *Logiciels Métier*.

Il ne s'agit pas ici d'en faire l'inventaire. L'objet de ce module est de décrire ce que la **mise en place d'une MN va changer** dans l'utilisation de ces outils.

#### ***Il faut garder la richesse des logiciels métiers, la MN ne les remplace pas***

Les logiciels métier doivent être conservés et il faudra continuer à en développer de nouveaux de plus en plus performants.

En effet, l'objectif de la MN est de faciliter la circulation entre tous les acteurs du cycle de vie. Il ne s'agit donc pas de concentrer dans un outil les fonctionnalités des outils existants. Ce n'est pas possible et ce serait certainement contre-productif pour les développements futurs.

#### ***Des adaptations seront néanmoins nécessaires***

Néanmoins, pour que les acteurs puissent collaborer efficacement, il est souhaitable que les outils qu'ils utilisent soient complémentaires et puissent **communiquer** entre eux, c'est-à-dire être **interopérables** sans ressaisies des données.

Un des objectifs de la MN est d'être le **centre** de ces **communications**. Il s'agit de **faire communiquer chaque logiciel avec la MN**, où il trouvera toutes les informations dont il a besoin (vs faire communiquer les logiciels métier entre eux comme aujourd'hui).

Des adaptations sont donc à prévoir pour chaque logiciel, mais elles seront moins nombreuses que ce qui serait nécessaire pour connecter les logiciels deux à deux.

#### ***Des fonctionnalités devenues redondantes pourront être transférées à la MN***

Pour certains logiciels, des fonctionnalités devenues redondantes pourront être transférées à la MN. On peut penser par exemple à des fonctionnalités de synthèse ou de visualisation globales. Ces redondances seront à analyser au cas par cas.

#### ***Deux types de logiciels métier***

Pour l'analyse détaillée des impacts de la MN sur les logiciels métier, nous les classons en fonction de leurs finalités premières :

- Logiciels de **modélisation** géométrique des objets à construire.
- Logiciels de **calcul** sur ces objets pour en justifier la géométrie et en déterminer les caractéristiques. Logiciels de **simulation et de visualisation** pour évaluer la conception.

Cette classification est celle du schéma d'**architecture** de la figure A-2. Nous traitons ces deux catégories ci-après.

#### ***Synthèse des recommandations***

Tous les logiciels de CAO devront être adaptés pour fournir des modèles volumiques 3D des objets composant l'infrastructure.

La définition volumique des objets fournie à la maquette numérique devra respecter un format neutre d'échange.



## Les logiciels de modélisation

### **Les logiciels de CAO fournissent des plans en 2D ou 3D**

La finalité des logiciels de CAO est de **définir** l'ouvrage à construire. Cette définition est aujourd'hui traduite par des **plans** qui définissent la **géométrie** de l'ouvrage.

Ces plans sont en général des :

- vues en plan,
- profil en long ou élévations,
- profils en travers ou coupes,
- vues 3D, dans certains cas.

Ces plans permettent de retrouver la géométrie des objets qui composent l'ouvrage.

### **Une grande hétérogénéité pour modeler les objets en 3D**

Quelques logiciels, qui contiennent des **modeleurs**, sont capables de concevoir les objets de manière volumique en 3D.

Pour parvenir à modéliser les objets avec les autres logiciels, il faut utiliser des modeleurs 3D **externes** qui ne sont pas actuellement interopérables avec les logiciels de conception.

De toute manière, les outils de conception ne sont **pas compatibles** car les formats retenus par chaque éditeur ne sont pas les mêmes, et qu'il n'y a donc pas d'interopérabilité. Les **ressaisies** des données pour passer d'un logiciel à l'autre sont donc **obligatoires** en pratique.

### **Les passerelles développées ne sont pas une solution**

Des éditeurs de logiciels ont développé des passerelles entre certains logiciels pour résoudre ce problème.

Ces passerelles entre logiciels métier fonctionnent en général bien mais ne sont pas une solution car :

- Elles traitent l'interopérabilité **entre deux logiciels seulement**.
- La **gestion** d'une passerelle est toujours **problématique**. Les **évolutions** des versions successives et indépendantes de chacun des logiciels ne sont pratiquement **jamais coordonnées**.
- Le **nombre de passerelles** qu'il faudrait développer et gérer en évolution est **réduisant** pour le travail collaboratif sur les projets d'infrastructures.

### **La nécessité de modeleurs pour un dialogue MN en format neutre**

Tous les logiciels de CAO qui auront à échanger avec les autres acteurs par la MN devront **posséder un modeleur générant des objets 3D**.

Les logiciels de CAO dont l'utilisation trop limitée conduirait les éditeurs à ne pas les adapter présenteront le handicap de devoir :

- Soit contraindre à une ressaisie des sortants avec un modeleur indépendant,
- Soit développer une passerelle spécifique projet par projet.

Ils devraient à terme n'être que des exceptions.

Les objets ainsi générés par les modeleurs devront pouvoir être gérés par la maquette numérique et utilisés pour stocker et gérer les informations de l'ensemble des acteurs. Ils devront donc être fournis à la MN **sous un format neutre et unique d'échange** qu'il reste encore à retenir.

**La mise au format neutre des sortants des modeleurs** est un travail important, mais stratégique pour les éditeurs.

### **Des plans 2D seront encore des sortants**

Les logiciels de CAO (et ou de DAO) continueront encore à produire des plans pour que tous les acteurs puissent intervenir. Ces sortants seront stockés dans la MN en attributs d'objet comme ils le sont actuellement dans une GED.



## Les logiciels de calcul et de simulation

### **Les besoins de simulation métier**

Les **logiciels de calcul** utilisés par les métiers sont très variés.

Les sortants de ces logiciels sont des **notes calcul**. À titre d'exemple, on peut penser au calcul de résistance d'une structure, aux calculs de mètres, au calcul d'une estimation, au calcul d'un impact phonique.

Certains métiers ont besoin de faire **des simulations** pour établir ou contrôler la conception, ou les calculs. Ces simulations sont souvent visualisées sur des plans 2D, sur des vues 3D, ou sur la maquette numérique. À titre d'exemple, le suivi d'avancement du projet ou des travaux par animation de la maquette numérique est un sortant d'un logiciel du métier de planificateur.

Remarque : nous parlons là des **simulations métier**. Les simulations globales du projet croisant les données de plusieurs métiers seront réalisées par les outils de synthèses inclus dans la MN. Pour illustrer ces dernières, nous pensons au couplage des simulations de trafic et de bruit qui pourront être récupérées des simulations de chacun des deux métiers et combinées pour une simulation globale.

### **Ils ne modifient pas le modèle géométrique**

Pour la présente réflexion, ils ont comme caractéristique de fournir à la MN des informations qui sont des attributs des objets.

Il suffit que ces attributs soient bien identifiés, rattachables à un objet, pour qu'ils puissent être correctement stockés et gérés.

Les résultats des calculs ou des simulations ne modifient pas la définition géométrique des objets. Pour la modifier, il faut repasser par les modeleurs

### **Ils fournissent des attributs des objets**

Pour faire les calculs ou les simulations, le logiciel recherchera dans la maquette numérique les caractéristiques dont il a besoin (définition géométrique des objets et attributs).

En retour, il déposera dans la maquette des attributs qui seront les sortants des calculs ou des simulations.

### **Un format standard pour stocker les résultats**

Bien sûr, les attributs des objets et leur organisation seront **standardisés**.

Le respect de ces standards nécessitera des **adaptations** des logiciels pour automatiser l'importation et l'exportation des informations. Ces adaptations ne concerneront pas, sauf exception, le cœur du logiciel. Elles concerneront seulement les **entrants** et les **sortants** ce qui est plus facile à réaliser pour tous les logiciels.

### **Synthèse des recommandations**

Les logiciels de calculs et de simulations ne nécessiteront pas de changement dans leurs architectures et leurs conceptions.

Ils devront néanmoins être adaptés pour que les échanges avec la maquette numérique respectent le format standard de cette dernière.



## A3- Les autres outils collaboratifs

### Préambule

Aujourd'hui, dans le domaine des infrastructures linéaires et des grands projets, des outils collaboratifs sont déjà largement utilisés. Ce sont les :

- messageries,
- GED,
- SIG,
- outils PLM.

Ces types d'outils ont en commun la particularité d'utiliser :

- des **bases de données**, de façon plus ou moins visible,
- une **interface WEB**,
- des **visualisateurs**.

### La messagerie

La messagerie est un outil devenu indispensable à tout projet. Elle s'est imposée depuis le milieu des années 90. Tout le monde a accès à la messagerie, par différents biais et différents terminaux, et même en grande mobilité. Elle est efficace, utilisée par tous les acteurs, d'un usage facile.

La messagerie est très **collaborative, permettant** :

- la communication entre de nombreuses entités, réparties sur des territoires différents,
- l'échange d'informations à partir d'environnements hétérogènes grâce à des protocoles standardisés.

Un même message est en fait partagé, plus qu'échangé, entre les acteurs.

#### **Fonctionnalités majeures**

Gérée avec le système d'exploitation, la messagerie permet de paramétrer **les droits d'accès**. Tous les domaines du projet peuvent utiliser la messagerie pour **l'envoi de fichiers**, à l'exception actuellement des très gros fichiers.

Elle offre également un :

- **suivi (tracking)** : suivi des réponses, organisation des rendez-vous, etc.
- système de **requêtage intuitif**.

Elle contribue à la **dématérialisation** des contrats, puisque que, de plus en plus, on s'affranchit des documents papiers pour passer des actes contractuels.

En revanche, c'est un **produit** complètement **sur étagère** :

- les protocoles sont transparents pour les utilisateurs,
- le modèle de données est induit par l'outil,
- l'unité de base est le message,
- les attributs sont fixés par le système.

Le partage et la gestion des messages et de leurs suivis ne sont pas suffisamment pratiqués.

#### **Messagerie et MN, complémentaires**

La messagerie et la maquette numérique ont en commun de permettre le partage d'informations. Mais la messagerie a son propre rôle de diffusion de l'information.

La MN ne remplacera pas la messagerie, elle en utilisera les fonctionnalités pour :

- **Collecter** des informations => il sera possible d'attacher des messages aux objets de la maquette.
- **Gérer** des liens entre les métadonnées des messages et les attributs des objets.
- **Diffuser** des informations aux acteurs (par exemple pour des *pushs*) en gérant des listes d'adresses messagerie des acteurs.

#### **Recommandations**

La complémentarité entre les messageries des acteurs et la maquette numérique doit donc être organisée par une gestion coordonnée des :

- adresses messagerie des acteurs,
- listes de destinataires par métiers, domaines, phases, etc.



**La GED**

La Gestion Électronique de Document (GED) est un outil qui équipe de nos jours **tous les grands projets**.

**Caractéristiques majeures**

Les caractéristiques majeures d'une GED sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Thème	Commentaires
<b>Objets de base</b>	Elle gère des <b>documents</b> . Un document peut être une arborescence de <b>fichiers</b> , et pas nécessairement un fichier unique. Le <b>modèle de données</b> s'appuie sur l' <b>organisation du contrat</b> et des documents contractuels. L'unité de base est le fichier sur lequel viennent se fixer les attributs. Tous les domaines d'intervention du projet sont couverts par la GED : du contrat au plan de récolement. Elle permet la <b>métamorphose de fichiers en documents</b> , à partir de l'historique, du circuit de validation (implicite ou explicite), et de liens.
<b>Personnalisation</b>	La GED est disponible sur étagère, mais demande des personnalisations <b>nombreuses et spécifiques au projet</b> .
<b>Installation</b>	L'installation de la GED passe par des contrats de service appropriés et un minimum d'équipes centrales dédiées (un gestionnaire par projet, une équipe centrale en fonction du système).
<b>Accès au système</b>	<b>Les accès sont filtrés et non systématiques</b> . Certains acteurs projet n'ont pas accès à la GED.
<b>Interface utilisateur</b>	La GED offre des <b>modes de connexion différents</b> : en réseau interne, en client serveur, en réseau externe par liaison internet et portail Web.
<b>Fonctionnalités offertes</b>	Les <b>niveaux de service</b> sont variables : de la simple armoire à plan jusqu'à la gestion des flux ( <i>workflow</i> ). Les documents peuvent être géolocalisés. <b>Le système de requêtage</b> peut être intuitif. Il peut être personnalisé pour le rendre plus efficace, notamment par le biais de la géolocalisation ou du paramétrage du système.

**Privilégier la MN plutôt que la GED**

Une messagerie est généralement intégrée à la GED, ce qui permet d'attacher la correspondance à un document.

La perspective de la MN est de transformer les fichiers et les documents en données et en objets géolocalisés. Il sera problématique d'avoir sur un même projet deux systèmes de gestion des informations et il faudra donc maintenir seulement la MN.

À terme, toutes les **fonctionnalités** d'une GED seront donc **transposées dans la MN** à qui reviendra la gestion du flux d'information.

**Recommandations**

Pour les projets qui n'utiliseront pas la MN, la GED restera un excellent outil collaboratif. En revanche, pour les projets qui seront conduits avec une MN, il faudra **privilégier la MN** et ne pas utiliser de GED.



## La géomatique et les SIG

### Caractéristiques majeures

La géomatique au travers des Systèmes d'Information Géographique (SIG) est très fréquemment utilisée dans les grands projets d'infrastructure.

Les caractéristiques majeures d'un SIG sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Thème	Commentaires
<b>Objets de base</b>	<p>Le SIG travaille en même temps sur des objets et sur des documents. <b>L'unité de base est un objet décrit dans une table</b>, sur lequel sont fixés un identifiant, des attributs et des liens.</p> <p>L'accessibilité aux objets peut être décrit dans un "<i>model view definition</i>".</p> <p>Les objets sont <b>géolocalisés</b> et peuvent s'intégrer dans une topologie. Un SIG est associé à un territoire. Il regroupe des objets construits ou non construits, mais toujours géoréférencés.</p> <p>Les notions d' "<i>Asset management</i> " sont associées à la géomatique. L'historique, le programme d'intervention sont liés à l'objet.</p>
<b>Personnalisation</b>	Ce n'est pas véritablement un outil sur étagère : il doit être <b>fortement personnalisé</b> pour toute utilisation.
<b>Accès au système</b>	<p>Les utilisateurs sont hiérarchisés. Il faut généralement des gestionnaires de base de données dédiés pour suivre la mise à jour des données.</p> <p>Des profils sont mis en place en fonction des utilisateurs.</p>
<b>Interface utilisateur</b>	<p>Plusieurs types d'interfaces sont possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poste dédié de type Gestionnaire.</li> <li>• Client lourd (client serveur).</li> <li>• Client léger.</li> <li>• Client web service.</li> <li>• Client nomade.</li> </ul>
<b>Fonctionnalités offertes</b>	<p>Une requête peut générer un document, modifier, créer ou annuler des objets.</p> <p>Le mode de représentation en fonction de l'échelle est géré par le système.</p>

### Le SIG, proche de la MN, mais limité par ses données

Le SIG pourrait être aujourd'hui l'outil qui se rapproche le plus d'une MN. Il permet en effet, par sa structure de base de données, le lien entre un objet, ses composants, ses attributs, ses métadonnées, etc.

En revanche, à cause de la structure de base de données, il ne permet pas la gestion d'opérations géométriques, comme des opérations booléennes dans des volumes 3D.

### La MN remplace les SIG...

Toutes les fonctions des SIG seront assurées par la MN. L'usage d'un SIG partagé entre tous les acteurs à côté d'une maquette numérique sera **inutile** et sera même **dangereux** à cause des incohérences possibles entre les deux outils.

### ... sauf les SIG spécialisés

En revanche, les SIG sont des outils précieux dans la conception de certains métiers pour traiter les **données propres à l'expertise**. Ces SIG spécialisés, utilisés par un seul acteur, ne posent pas de problème sous réserve que la MN soit le seul outil de partage des informations avec les autres acteurs.

### Recommandations

En tant qu'outil collaboratif de partage des informations, il faudra utiliser la maquette numérique et non pas un SIG.

Si, dans une spécialité, le SIG est un outil précieux qui permet de gérer des informations propres à ce métier, sans avoir à les récupérer auprès des autres acteurs ni à les partager avec eux, on pourra alors en maintenir l'usage.



---

**Cas particulier :  
outils PLM**

Les outils PLM (*Product Life cycle management*) constituent *de facto* les outils existants de gestion de la maquette numérique dans d'autres secteurs.

Dans le secteur des infrastructures linéaires, il n'existe pas d'outils de PLM véritablement référencé. Ils ne peuvent donc pas constituer des outils collaboratifs en tant que tels, et leurs fonctionnalités seront donc intégrées dans les outils MN vus en A2.

**Recommandation** Il faut créer un outil PLM pour les infrastructures.

## B – Concernant les projets

<b>Introduction : de la GED à la MN.....</b>	<b>28</b>
Un environnement calé sur le cycle de vie des projets .....	28
Aujourd'hui la GED.....	28
... demain la MN.....	29
<b>B1- Mise en place de la MN .....</b>	<b>30</b>
Problématique de mise en place .....	30
Étape 1 : préparer le projet .....	31
Étape 2 : définir l'organisation de la MN .....	32
Étape 3 : implémenter la MN.....	32
<b>B2- Gestion de la MN pendant la conduite de projet.....</b>	<b>33</b>
Vue d'ensemble.....	33
Une conduite de projet centrée sur le suivi.....	33
De la validation de plans 2D.....	33
... à celle des objets de la MN.....	34
Conduite du changement.....	36
Qualité des informations.....	38
Gestion de la MN organisée par le gestionnaire .....	38
Revue et validations .....	41
Évaluations transversales (multi métiers, développement durable, etc.).....	43
Au delà de la phase de construction .....	44
<b>B3- Développement de la confiance.....</b>	<b>45</b>
La confiance à l'intérieur d'un projet collaboratif .....	45
La confiance, clé de la mise en œuvre de la MN .....	45
La confiance comme processus .....	46
La confiance dans l'outil.....	46
La confiance interpersonnelle.....	47
La confiance inter-organisationnelle .....	47

## Introduction : de la GED à la MN

### Un environnement calé sur le cycle de vie des projets

Pour chaque projet, un **environnement collaboratif** doit être défini et agréé par l'ensemble des participants, et cela dès le début du cycle de vie du projet.

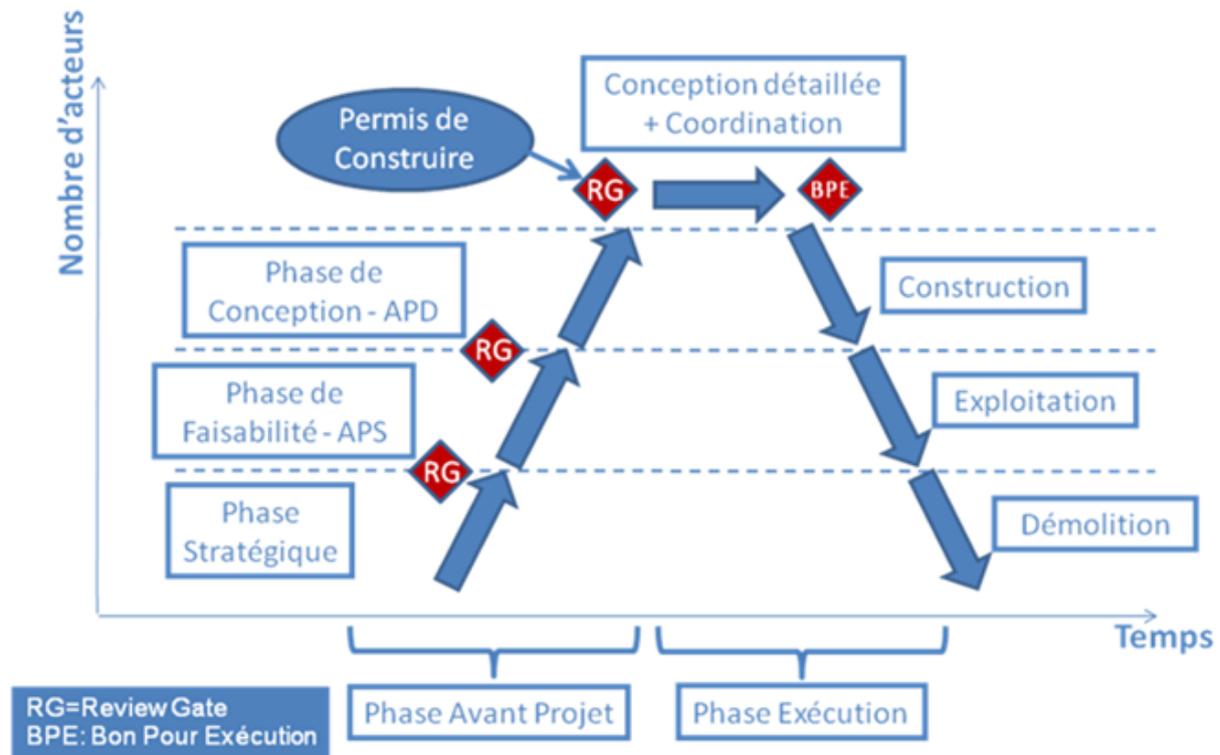


Figure B-1 : Cycle de vie du projet

### Aujourd'hui la GED...

Actuellement, une GED est mise en place sur la plupart des grands projets d'infrastructure. Elle permet de **gérer** les **courriers** et les **plans 2D** nécessaires à la conception et à la réalisation du projet.

Le paramétrage de la GED est défini dès les premières étapes de la conception. Il exige une grande attention afin de déterminer les options structurantes avec précision. Ces options concernent les conventions de :

- découpage du projet,
- identification des documents (numérotation et liste prévisionnelle),
- flux d'approbation,
- droits d'accès,

qui seront adoptées par l'ensemble des intervenants pendant toute la durée de vie du projet.

## ... demain la MN

L'utilisation d'une MN collaborative partagée exige un travail similaire, plus approfondi et plus structurant.

Trois **points de vigilance** sont développés successivement dans ce chapitre et portent sur :

Module	Titre	Contenu
B1	<i>Mise en place de la MN pendant la phase de lancement</i>	Problématique de <b>mise en place</b> de la MN. <b>Préparation</b> du projet. <b>Organisation</b> de la MN. <b>Implémentation</b> de la MN.
B2	<i>Gestion de la MN pendant la conduite du projet</i>	<b>Adapter les processus</b> de conduite du projet en intégrant la MN. <b>Gérer</b> la MN. <b>Organiser les revues et adapter</b> le processus de validation, organiser les revues de projet, gérer les variantes, prévoir les évaluations transversales, etc.
B3	<i>Développement de la confiance pendant toute la durée du projet</i>	<b>Obtenir la confiance</b> de tous, indispensable à l'utilisation d'un tel système commun, dans : <ul style="list-style-type: none"> <li>• le projet,</li> <li>• la MN,</li> <li>• l'outil,</li> <li>• les acteurs.</li> </ul>

**Être pragmatique  
vis-à-vis  
des nouveaux  
utilisateurs  
de la MN**

Sur un projet, il y aura souvent des acteurs qui utiliseront la MN pour la première fois. Il y aura aussi des acteurs qui rejoindront le projet après le démarrage.

Il est donc nécessaire de **définir un paramétrage adaptable**, afin de les accueillir au fur et à mesure de leur arrivée en tenant compte de leurs :

- niveau de compétences,
- outils,
- système d'information,
- processus internes propres à leurs métiers et savoir-faire.

Les conditions d'intégration seront ainsi variées, et il faudra **permettre** de mettre en œuvre des **procédures dérogatoires** telles que :

- **passerelles provisoires** vers des outils non collaboratifs ou utilisant des formats propriétaires peu ouverts,
- **applications temporaires** d'échange afin de palier aux déficiences et erreurs de transferts de données,
- **re-saisies des données fondamentales** dans un format neutre partageable, par rapport au processus optimal décrit ci-après.

## B1- Mise en place de la MN

### Problématique de mise en place

Après avoir décidé de conduire un projet en travail collaboratif avec une MN, il convient de dérouler sa **mise en place** durant la phase de lancement. Pour cela, il faut répondre précisément aux questions suivantes, avec un plan d'actions efficace, tout au long de la mise en place de la MN :

Étape 1 – préparer le projet	
Périmètre	Quel est l' <b>objectif</b> de cette MN ? Quel est le <b>périmètre</b> d'échange visé ?
Structuration du projet	Comment <b>structurer</b> le projet en objets composants pour bâtir la MN ? Quel <b>modèle de données</b> de référence est-il nécessaire de mettre en œuvre pour assurer la constitution et l'exploitation de cette MN ?
Acteurs	Qui seront les <b>acteurs directs</b> qui auront accès à cette MN ?
Processus	Une fois les connexions des logiciels métiers avec la MN réalisées, comment s'assurer de la <b>validité</b> et de la <b>performance</b> de cette chaîne logicielle ? Suivant quels <b>processus</b> , ces acteurs pourront interagir avec cette MN ?
Étape 2 – définir l'organisation de la MN	
Organisation	Y a-t-il des <b>nouveaux rôles</b> liés spécifiquement à l'usage de la MN ?
Logiciels	Quels <b>outils</b> de la MN seront utilisés ? Quels <b>logiciels métiers</b> (CAO, analyses, outils de visualisation, outil de gestion du cycle de vie, PLM) seront utilisés ? Comment peuvent-ils ou souhaitent-ils interagir avec la MN ? Quel <b>standard d'échange</b> peut être utilisé ? Comment les éditeurs des logiciels métiers, sollicités par les acteurs de la MN, pourront (au moindre coût) <b>s'interfacier</b> avec ce modèle de données de référence et ce standard ?
Étape 3 – implémenter la MN	
Structuration, logiciel, organisation	Les choix faits sont-ils opérationnels ? Les logiciels sont ils effectivement interopérables ? Quel est le plan d'action pour résoudre les problèmes identifiés ?

Les étapes 1 à 3 sont décrites dans les deux pages suivantes.

## Étape 1 : préparer le projet

La première étape consiste à réfléchir à la structuration du projet, à l'identification des acteurs qui utiliseront la maquette et à la nature de leurs interventions.

### **Périmètre**

Avant de commencer la structuration du projet et de la MN, il convient de préciser exactement ce que l'on souhaite gérer avec la MN.

Les questions auxquelles il faut avoir répondu sont les suivantes :

- veut-on faire de la MN l'outil central unique d'un travail collaboratif ou souhaite t-on utiliser en parallèle d'autres outils collaboratifs ?
- l'outil de MN est-il choisi et son usage est-il contractuellement imposé aux acteurs concernés ?
- Souhaite t-on un usage de la MN sur la totalité du projet, ou sur une partie seulement (un domaine, une phase, une zone, ...) ?

Le contenu des tâches suivantes de cette étape sont évidemment fonction des réponses à ces questions préalables.

### **Structuration du projet**

Il s'agit d'appliquer les principes du modèle global pour définir les différents niveaux d'objets en faisant apparaître les :

- lots fonctionnels,
- métiers,
- systèmes,
- ouvrages élémentaires,

Cette première structuration évoluera au fur et à mesure de la conception, mais elle restera l'ossature.

### **Identification des acteurs**

Il s'agit d'identifier et de classer les acteurs qui vont intervenir sur le projet.

Pour chaque acteur, on note par exemple :

- ses rôles et domaines d'intervention : métier, phase du projet, objets et systèmes ;
- comment il utilisera la MN, avec quels droits ;
- ses outils de travail.

Note : on traite de manière spécifique l'acteur gestionnaire de la maquette.

### **Processus**

Il faut partir des grands processus de réalisation du projet (les grandes phases) et progressivement analyser les processus métiers de plus en plus détaillés<sup>4</sup> avec toutes leurs interactions.

Il convient de noter les :

- **informations** échangées et leurs spécificités (propriété intellectuelle, protection),
- **acteurs** concernés,
- **contraintes** (antécédents, successeurs),
- **workflows** de validation.

<sup>4</sup> Les niveaux détaillés seront analysés ultérieurement au fur et à mesure que le projet se précise.

## Étape 2 : définir l'organisation de la MN

La deuxième étape permet de définir ces objets et leurs organisations :

- Choisir, ou confirmer le choix, des **outils de la MN** (PLM, viewers, etc.).
- Formaliser les **standards d'échange**.
- Analyser l'**interopérabilité** des outils et planifier le développement d'éventuelles passerelles.
- Arrêter la **structuration** des attributs et des liens des objets.
- Définir les **standards de représentation et de visualisation**.

### Suivi de l'étape 1

Les informations, sortant de l'étape 1, peuvent alors être entrées :

- les objets par niveau,
- l'identification des acteurs, avec leurs rôles et leurs droits,
- les *workflows* de maturité.
- les premiers liens des processus.

### Définition et organisation des objets

Pour définir ces objets et leurs organisations, d'un point de vue pratique, on peut commencer par **réfléter les capacités** des outils logiciels (CAO, calcul, simulation) déjà utilisés ou envisagés par les acteurs de ces tâches.

Par ailleurs, en coordination avec les différents acteurs métiers, le gestionnaire de la MN globale, prépare l'organisation générale des données en configurant le PLM.

## Étape 3 : implémenter la MN

La troisième étape permet de vérifier :

- l'**interopérabilité** des logiciels métiers, entre eux, et avec la MN (PLM).
- que l'outil de visualisation, couplé avec le PLM, est bien **capable de représenter** l'ensemble des objets produits par les différents logiciels métiers.

### En cas de problème

En cas de problème, les solutions suivantes seront envisagées :

- **se tourner vers les éditeurs des logiciels** (métiers, PLM, *viewer*) pour faire corriger les problèmes ;
- **envisager le changement** de certains composants logiciels, au profit d'une meilleure interopérabilité globale ;
- **revoir les processus** métiers ou l'**organisation** des données de la maquette, pour assurer la faisabilité de cette phase du projet.

Ces tests sont réalisés avec les premières données entrées dans la MN. Ils se poursuivront tout au long du projet pour être réactif vis-à-vis des éventuels dysfonctionnements et demandes des utilisateurs.

### L'implémentation doit être achevée durant la phase de lancement du projet

Il est nécessaire que les choix **outils, structuration, organisation, processus** à appliquer, aient été faits avant la fin de la phase de lancement.

Bien sûr, tous ces éléments seront modifiés durant le projet pour s'adapter à l'évolution du projet.

Ces modifications seront conduites dans le cadre de la gestion continue de la MN.

## B2- Gestion de la MN pendant la conduite de projet

### Vue d'ensemble

Dans le cadre de ce module, nous allons traiter successivement des points suivants :

- Une conduite de projet centrée sur le suivi
- De la validation de plans 2D... à celle des objets de la MN
- Conduite du changement
- Qualité des informations
- Gestion organisée par le gestionnaire de la MN
- Revues et validation
- Évaluations transversales
- Au delà de la phase de construction

### Une conduite de projet centrée sur le suivi...

La conduite du projet est centrée sur le suivi de **l'évolution du projet**. Notre but ici est d'expliquer comment l'utilisation d'une MN collaborative partagée aide à **mieux gérer un projet**. Pas de décrire ce qu'est le management d'un projet.

#### ... des décisions de conception ...

Le but principal est d'établir la confiance entre les partenaires, en responsabilisant les acteurs par le suivi précis des décisions de conception et des choix qui sont pris tout au long de la conception et de la réalisation du projet.

La MN permet en effet d'évaluer au fil de l'eau, la pertinence, la complétude, la maturité, la cohérence et la qualité des données de la maquette partagée, en utilisant des indicateurs de performance (KPI : *Key Performance Indicator*).

#### ... et des travaux

De plus, l'utilisation d'une maquette partagée doit permettre de mieux suivre les avancements des différents travaux, de mieux anticiper les aléas et les dérapages et donc de prendre les bonnes décisions pour permettre de maîtriser les risques.

#### Lien avec L1-C4

Note : ce module B2 fait référence aux réflexions et aux résultats du livrable L1 – C4 « Organisation de la fiabilité des informations ».

### De la validation de plans 2D...

Avant de décrire le changement lié au passage de la validation de plans 2D à la validation d'objets d'une MN collaborative, un rappel des avantages et inconvénients du plan 2D permet de repositionner le sujet.

Avantages du plan 2D	
<b>Maniable</b>	Un plan papier peut <b>s'emmener partout</b> . Bien qu'il soit de grande taille, il peut se plier au fond d'une poche et demeure bien <b>lisible</b> . Il peut être sali ou mouillé sans conséquences graves.
<b>Facile à utiliser</b>	Il <b>s'annote facilement</b> avec un simple crayon, sans recourir à des outils sophistiqués nécessitant des connexions électriques ou Internet. Tout professionnel de la construction, spécialisé dans le domaine traité, <b>sait lire</b> un plan. Il est aisé d'en faire des <b>copies</b> . Le plan est « habillé » et permet de mettre en évidence certaines informations importantes, par exemple par sur-épaississement de lignes. Il permet aussi de <b>spécifier</b> aisément certaines <b>caractéristiques</b> (tolérances, revêtements appliqués, traitement de surface – informations difficiles à représenter graphiquement).
<b>Exact</b>	Comme c'est une représentation 2D, toutes les <b>mesures</b> de longueur et d'angle sont <b>exactes</b> .
<b>Normé, calibré</b>	Des <b>normes</b> , des <b>règles</b> , et une <b>charte graphique</b> propre au projet, organisent son usage. Il est <b>authentifié</b> par un cartouche comportant a minima un numéro, un indice, un titre, une date, un auteur, un statut d'utilisation. Il est aisé de <b>vérifier</b> si c'est le <b>dernier indice</b> via la nomenclature des plans. Les documents de <b>référence</b> sont <b>indiqués</b> clairement, ce qui permet de saisir aisément l'environnement qui a permis d'élaborer ce plan.

Inconvénients du plan 2D	
<b>Partiel, incomplet</b>	<p>Le projet global est défini par l'ensemble des plans le décrivant.</p> <p>Le plan individuel constitue donc seulement une :  <b>Vue 2D particulière d'un projet 3D.</b> Plusieurs plans sont nécessaires pour appréhender les objets 3D sous-jacents.</p> <p><b>Vue partielle du projet.</b></p> <p>Les données nécessaires à un autre plan doivent être nécessairement ressaisies.</p>
<b>Cohérence difficile</b>	<p>Les plans du projet sont conçus de façon <b>indépendante</b>. La cohérence de l'ensemble est donc un exercice aussi difficile que le projet est complexe. Cette tâche de coordination est nécessairement réalisée par un expert humain.</p>
<b>Des objectifs potentiellement contradictoires</b>	<p>Le plan est contractuellement la <b>référence</b> du projet.</p> <p>Le plan s'adresse à des acteurs de métiers différents, dont les objectifs métier à court terme ne sont pas vraiment les mêmes : le client, le concepteur, le contrôleur, le constructeur.</p> <p>Le plan doit être un outil <b>polyvalent, efficace pour tous</b>, ce qui peut-être contradictoire : être dessiné rapidement, être approuvé aisément, être compréhensible et lisible pour le chantier.</p>
<b>Complexe</b>	<p>Un plan peut être <b>interprété</b> seulement par une <b>personne avertie</b> des règles de représentation 2D d'un objet 3D.</p>
<b>Long processus de validation</b>	<p>Les versions et les approbations successives sont nombreuses et longues, y compris pour des modifications mineures.<sup>5</sup></p>
<b>Des images, rien que des images</b>	<p>La création de plan est aujourd'hui réalisée à l'aide de logiciels de conception. Néanmoins, le cycle n'a guère changé : on produit des images, on approuve des images, on construit à partir d'images. Et les images numérisées, comme imprimées, ne sont pas des objets.</p>

**... à celle des objets de la MN**

La MN devient la **référence du projet**, et propose :

- une description géométrique 3D,
- une approche globale.

Chaque plan devient alors une **vue particulière** de la maquette.

**Un modèle d'objets global, complet et non redondant**

La MN est un **assemblage d'objets**. Chaque objet n'est saisi qu'une fois. Il n'y a donc plus de nécessité de ressaisir des données pour passer d'un plan à un autre.

L'approche étant globale, la **coordination** est **facilitée**. On peut même utiliser la MN pour alimenter des logiciels de simulation, de métrés ou de planification, sous réserve d'ajouter les attributs complémentaires nécessaires.

Le modèle de données décrit le projet de façon complète. **Tout est explicite** : il n'y a pas d'informations implicites liées à des conventions. En conséquence, certaines analyses et contrôles peuvent être réalisés directement par la machine **sans intervention humaine**.

<sup>5</sup> La validation d'un plan, comme on a pu le voir dans le livrable L1, entraîne l'approbation de toutes les informations contenues dans le plan. Elle est matérialisée par un bloc d'informations (indice de la version du plan, date d'émission, visas de l'auteur, du vérificateur et de l'approbateur) accolé au cartouche du document.

**Exemple** Le schéma suivant illustre la visualisation du découpage d'un projet en objets au sein d'un modèle MN :

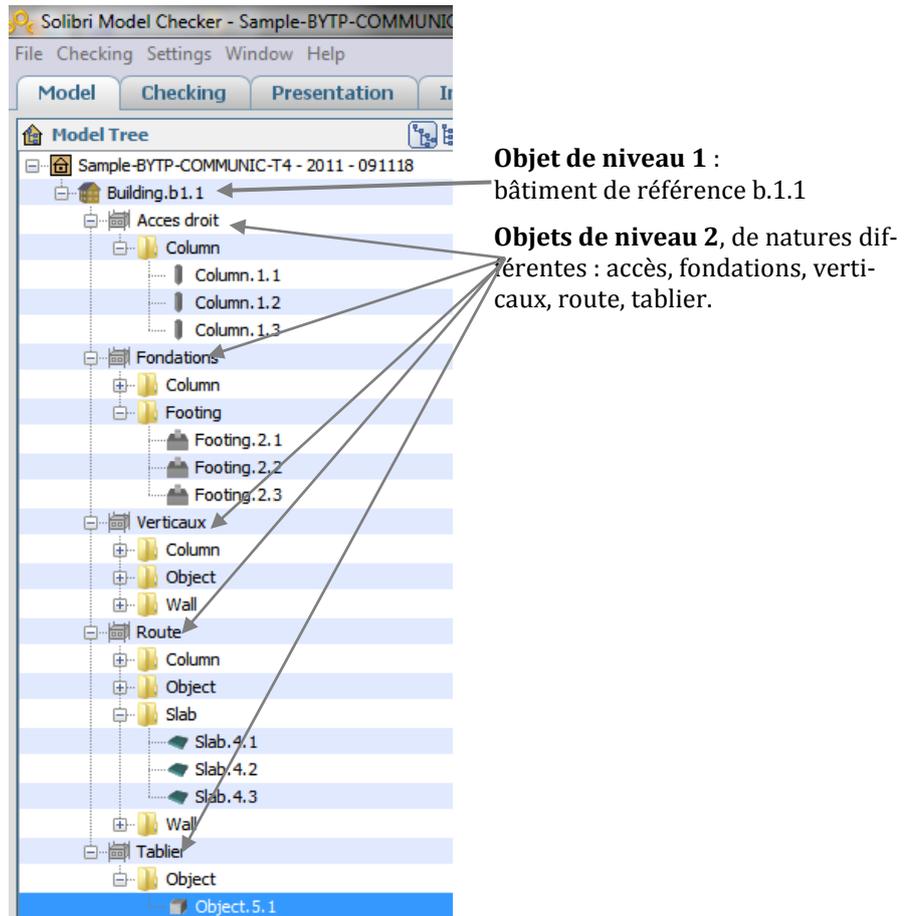


Figure B2-1 : Exemple d'arborescence de projet en objets

**Des données fiables et sécurisées...** Le principal frein à l'usage de la MN collaborative est le **manque de confiance** dans la qualité des données échangées. Ceci peut paraître paradoxal, puisque l'objectif est de **remédier aux faiblesses** du système fondé sur des plans.

D'un côté, le livrable est une image créée, validée, exécutée sous le contrôle de l'œil humain. De l'autre côté, le livrable est un modèle numérique que l'on appréhende au travers de vues, sans en maîtriser individuellement le contrôle exhaustif.

Le modèle numérique partagé implique aussi **sécurisation** des données pour garantir la propriété des données et la responsabilité associée.

Note : Le chapitre B3 ci-après traite de la confiance, au centre de l'utilisation de la maquette et du modèle numérique qu'elle porte.

**... accessibles par un format neutre d'échange** Le modèle numérique est partagé entre tous les acteurs. Cela signifie **interopérabilité** et **format d'échange neutre** supporté par tous les logiciels utilisés dans le cadre du projet.

**La fin du plan 2D ? Non à court terme** L'usage de la MN a notamment pour objectif **d'améliorer la productivité** dans les phases de conception et de réalisation du projet, en évitant les ressaisies et les erreurs et en réduisant les délais.

Cela signifie-t-il la fin des plans 2D ? Certainement pas, au moins à court terme. Pour cela, nous allons étudier ci-après les grandes étapes du changement attendu.



## Conduite du changement

### Processus progressif d'évolution

#### ■ Le changement est d'abord à envisager sur certaines phases du projet

Le cycle de vie d'un projet est divisé en grandes phases. Chacune d'elles permet d'avancer progressivement dans le détail de la définition du projet jusqu'à la construction puis l'exploitation.

L'objectif de chaque phase est de **valider la faisabilité** technique, environnementale, sociétale et économique du projet compte tenu du niveau de détail associée à la phase.

La MN permet de travailler sur une phase en respectant les entrants et les livrables des phases qui sont, pour l'essentiel, des documents et des plans.

Les acteurs participent à une phase d'un projet et sont tous impliqués dans d'autres projets. Le changement n'est donc jamais un « *big bang* » du secteur d'activité.

Le processus d'évolution est tiré par la demande. Il se fera de façon progressive, phase par phase de projet, voire acteur par acteur d'une phase d'un projet.

#### ■ Commencer par quelques équipes compétentes et travaillant en confiance dans des structures souples

Dans un premier temps, la MN sera mise en œuvre par une équipe, les entrants et les sortants restant des plans. Puis, cela s'étendra progressivement. Le frein principal reste la **confiance** dans un livrable qui soit plus qu'une simple image.

L'autre verrou à surmonter est la **peur de perte d'efficacité**, liée à l'utilisation d'une technologie nouvelle en cours de mise au point. Il est évident que cette nouvelle façon de travailler exige des **compétences novatrices**. De plus, la volonté et l'implication des acteurs sont indispensables pour atteindre le niveau requis pour travailler en toute sérénité.

Il faut donc des **étapes intermédiaires**, dépendant :

- des acteurs et de leur valeur ajoutée dans le projet,
- de l'inertie liée à l'utilisation de ces nouvelles technologies.

En effet, le manque de compétences chez un fournisseur de petits matériels n'aura aucun impact sur l'utilisation d'une MN partagée.

De même, une entreprise de petite taille sera sans doute plus à même de **s'adapter rapidement**. En effet, les processus internes sont plus simples, même si le temps de formation et les coûts engendrés sont importants. Une grande entreprise aura plus de mal à adapter ses processus internes aux exigences d'un tel environnement de travail.

### Les grandes étapes du changement

Il nous faudra donc passer par plusieurs phases de la transition, en particulier celles où cohabiteront plans 2D et MN collaborative.

En effet, il ne s'agit pas d'implanter le modèle global du jour au lendemain. Il faut préciser quels sont les éléments implantés et quand le seront-ils, de telle sorte que la conduite des projets ne soit pas mise en danger.

## B – Concernant les projets

### B2- Gestion de la MN pendant la conduite de projet (suite)

#### Conduite du changement (suite)

#### Les grandes étapes du changement (suite)

Les grandes étapes du changement peuvent être schématisées par le schéma qui suit, et décrites dans le tableau ci-après.

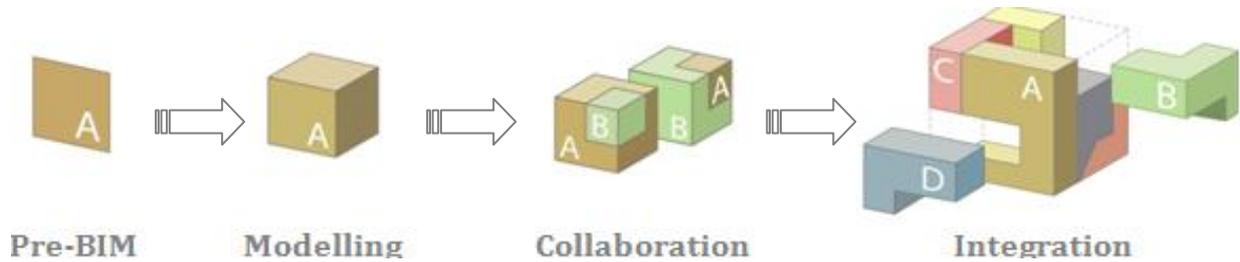


Figure B2-2 : – Étapes du changement<sup>6</sup>

Contenu	Difficultés	Validation
<b>Pre-BIM</b> ou « <i>authoring tool</i> » en mode solitaire		
<p>Les entrants et les livrables sont des plans. Pour le « créateur », la MN est la référence, créée par lui à partir des entrants. Le contrôleur valide de façon traditionnelle des plans qui sont des vues particulières de la MN. Ses remarques sont injectées au niveau de la MN, et les plans sont régénérés à partir de la MN.</p>	<p>Traçabilité des modifications au niveau de la MN. Gestion des indices de révision au niveau des plans. Gestion de l’habillage « assistée » des plans.</p>	<p>Validation du plan et donc de toutes les informations contenues sur ce plan, par apposition d’un visa sur le cartouche.</p>
<b>Modelling</b> ou « <i>authoring tool</i> » en mode multi-utilisateurs		
<p>Les livrables sont des plans et des parties de maquettes numériques. Le contrôleur valide toujours de façon traditionnelle.</p>	<p>Base de données objets. Modèles partiels. Format neutre d’échange. Gestion des droits.</p>	<p>Validation toujours sur les plans, dont certains sont générés automatiquement à partir de la maquette. La maquette est une information complémentaire, mais elle n’est pas contractuellement approuvée.</p>
<b>Collaboration</b> ou contrôle en mode objet		
<p>Les livrables sont des plans et des parties de maquettes numériques. Le contrôle se fait sur la MN.</p>	<p>« <i>Model checkers</i> ». Gestion des clashes. Traçabilité du statut au niveau de l’objet. Gestion des indices de révision des plans en accord avec celui des objets. Format d’échange neutre.</p>	<p>Le contrôle de cohérence des informations se fait sur la maquette. Tous les plans sont issus de la maquette. Leur validation est « simple » puisque toutes les incohérences sont résolues.</p>
<b>Intégration</b> ou simulations à partir de la maquette		
<p>Les livrables sont des plans et des parties de maquettes numériques. La visualisation des résultats se fait avec la MN avec un format d’échange neutre.</p>	<p>« <i>Smart codes</i> ». Maquette numérique et modèle analytique. Gestion des modifications.</p>	<p>Le contrôle de cohérence des informations se fait sur la maquette. On ne valide plus de plans mais les objets qui constituent la maquette. Les plans sont édités à la demande, seulement pour les ouvriers sur le chantier.</p>

<sup>6</sup> Bilal Soccar, in "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders", *Automation in Construction*, Volume 18, Issue 3, May 2009, pages 357-375)

**Qualité des informations**

Les outils demeurent assez communs pendant tout le cycle de vie d'un projet. Les méthodes d'utilisation de ces outils et les processus, qui sont nécessaires pour gérer le projet, restent **différents pour chaque phase** du projet.

Les objectifs à atteindre à chaque phase sont traduits par la **maîtrise de la qualité des sortants**, et donc de la définition des responsabilités et des indicateurs nécessaires à l'évaluation de cette qualité.

**Une procédure est écrite sur la qualité requise des données**

La qualité attendue des données doit être précisée dans une procédure. Elle :

- précise les **formats** à respecter, la sémantique, et ce en fonction de la phase concernée du cycle de vie.
- décrit les **contrôles** qui sont à faire par les propriétaires des informations, et ceux qui seront faits par la MN elle-même et le gestionnaire de la MN.

Le système ne peut marcher que si **tous les acteurs s'engagent** sur le respect de cette qualité des informations, tant sur la forme que sur le fond.

**Un responsable pour chaque information**

Nous avons détaillé dans le livrable L1-C1, le principe des **niveaux des objets** qui sont en corrélation avec un niveau de détail (ou de développement) à atteindre à la fin de chaque phase du cycle de vie.

Il faut rapprocher ces niveaux de la notion d'objet qui se raffine au fur et à mesure de la conception (l'enveloppe et les interfaces restant figées). Les informations qui caractérisent l'objet doivent être sous la responsabilité de la discipline qui les a créés.

**Chaque acteur entre des données interprétables**

Les validations sont **complexes et laborieuses**, voire **contraignantes**. Il faut expérimenter et simplifier, en permettant par exemple la validation de groupes d'objets ou d'assemblages, et non plus la validation de composants « objet par objet ».

Les outils permettront d'éviter toute perte d'informations pendant les échanges et les requêtes, et de ne pas en obtenir trop (requêtage et *Model View Definition* mal définis).

En revanche, il faut des données interprétables par la machine pour préparer la décision humaine. La qualité de la donnée est basée sur deux notions complémentaires :

- **sémantique** : pas de champ d'attributs manquant, pas de non-dits (et cela dès le début des études) ;
- **bon renseignement des champs**, en accord avec le protocole de modélisation.

**Gestion de la MN organisée par le gestionnaire**

Avant de définir les méthodes de conduite du projet à l'aide d'une MN, il est essentiel de **définir les processus liés à la MN** par elle-même, c'est-à-dire les automatismes informatiques à mettre en place pour organiser et gérer les données.

L'organisation de ces actions est du ressort du gestionnaire de la MN, en charge de la :

- bonne **structuration** des informations,
- **vérification** de leur adéquation avec les protocoles de modélisation définis dans le cadre du projet.

Il prépare l'environnement de travail pour que les intervenants puissent suivre :

- mises à jour,
- cohérence des études,
- variantes en cours d'optimisation,
- écarts entre les besoins exprimés et la conception,
- retards sur les délais de conception et de simulation.



#### **Suivi des modifications et traçabilité des impacts**

Il faut, d'une part d'**informer les acteurs** des modifications, et d'autre part d'assurer la **traçabilité**. Cela permet de connaître l'avancement de la conception et de comprendre les changements qui s'opèrent dans l'ensemble du projet.

Il faut également **pouvoir revenir en arrière** par récupération d'une version antérieure. Cela doit bien entendu respecter les « Revues de phase » à la fin de chaque phase du cycle de vie, ces dernières figeant fortement les hypothèses et donc les données des phases précédentes.

À **chaque mise à jour**, il faut contrôler **leur impact** sur :

- les objets en interface. La cohérence de l'ensemble est primordiale (notion de vision globale ;
- les objets enfants, les objets parents et plus globalement les objets liés ;
- les plans 2D qui auront pu être générés automatiquement.

En tenant compte des « *Model View Definition* », des notifications automatiques sont générées par la maquette. La structuration de la maquette doit permettre de sélectionner les informations impactées.

#### **Traçabilité des variantes et des choix retenus**

La traçabilité est une des **plus fortes attentes** de l'utilisation de la MN. Elle se rapproche de la « gestion de configuration » du secteur de l'industrie.

L'étude simultanée de plusieurs solutions en parallèle permet d'**optimiser la modélisation ou la simulation**.

##### ■ **Hypothèses en évolution**

Chaque variante se base sur des hypothèses qui sont des états des objets définis dans une version donnée de la maquette (attributs, liens et interfaces avec d'autres objets). Ces hypothèses vont évoluer pendant l'étude de la variante car la solution de base continue de son côté. Les modifications d'environnement sont automatiquement répercutées sur la variante.

Pour gérer cela, il faut utiliser les notions de « ligne de base » et de « date d'effectivité » décrites dans livrable L1-C4.

##### ■ **La conception : somme de variantes**

Chaque variante a sa propre vie (comme une branche d'un arbre), et donc peut avoir plusieurs versions.

Le processus de conception contient l'étude de nombreuses variantes. Une solution de projet est la somme de variantes choisies. Il doit toujours y avoir une solution de référence qui évolue en fonction des choix faits sur les variantes.

Les outils informatiques permettent aujourd'hui de gagner des délais sur les simulations et permettent donc d'étudier de nombreuses solutions d'optimisation. Cependant, il faut aussi savoir limiter ce nombre de variantes étudiées, car même facilitées, ces études ont un coût.

##### ■ **Archivage des variantes non retenues**

Après un choix décisif, il faut masquer les variantes non sélectionnées, par exemple par utilisation d'un attribut de type « Fin d'effectivité ». Cela permet de conserver seulement la variante la plus pertinente.

Note : les variantes étudiées non retenues sont conservées pour des raisons de traçabilité, pour l'historique et la compréhension du choix final.

#### **Visualisation de l'avancement à partir des objets**

La visualisation de l'avancement d'une phase d'un projet est une fonctionnalité très réclamée par les gestionnaires de projet. L'utilisation de codes de couleur (différents des codes de couleur des disciplines) doit donc permettre une visualisation efficace et rapide des divers états d'avancement :

- **conception** à partir de la validation des objets de la MN (objets virtuels),
- **exécution** à partir des objets réalisés (objets concrets),
- **disciplines** ou **acteurs** (lesquels dérapent ?).

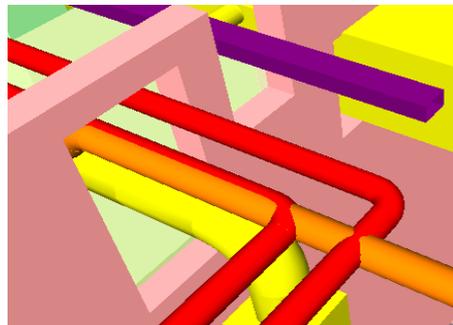
De telles visualisations doivent permettre de :

- établir des rétro plannings pour prévoir les dérapages,
- mettre au point de solutions alternatives anticipées,
- prendre rapidement des décisions de contournement ou de recadrage.

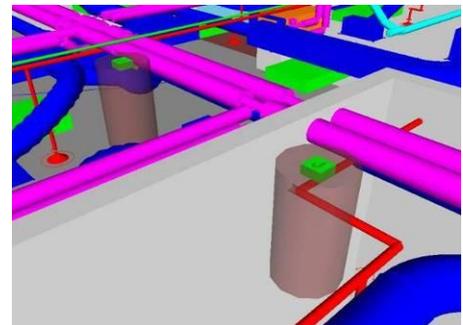
#### **Détection des interférences et collisions**

La détection automatique des collisions est également une des attentes fortes de l'utilisation des MN collaboratives. La détection des collisions, à l'aide d'outils de détection d'interférences, est détaillée dans le livrable L2-A2.

Pour identifier rapidement les *clashes*, il faudra respecter les contraintes de modélisation, et par exemple l'utilisation de **codes de couleur** par discipline.



**Figure B2-3 : Collision physique entre objets de 2 disciplines**



**Collision entre un objet et un volume à laisser vacant**

Il faut pour cela prendre en compte les versions et les variantes, en utilisant les notions de date d'effectivité et de ligne de base (c'est-à-dire les hypothèses utilisées).

La détection des collisions n'est pas une fin en soi. Il faut par la suite :

- **trier les *clashes*** et éventuellement déroger à certains d'entre eux (contact entre objets, dérogation liée à une situation ou une réglementation spécifiques) ;
- **visualiser les *clashes*** (seulement les pertinents), en les triant par discipline, par rôle, par degré d'importance ou d'urgence ;
- **mettre les *clashes* à disposition** des partenaires pour action ;
- **gérer les *clashes*** (attribuer une responsabilité, une date de résolution attendue, etc. puis une décision prise).

#### **Gestion des besoins du client et des engagements**

Enfin, tout au long du projet, et en particulier à chaque « revue de phase », il faut vérifier **l'adéquation entre la conception et les besoins** exprimés par le client.

Cela veut dire gérer les besoins exprimés, puis leur approfondissement, au fur et à mesure des phases d'avant projet et en fonction des :

- possibilités de la technique,
- connaissances qui enrichissent les données d'entrée,
- choix financiers qui se présentent.

**La MN aide à gérer les écarts** entre les besoins exprimés et la conception, par la mise en place d'indicateurs pertinents. Il reste à définir ces indicateurs dans le cadre d'une approche de pilotage par la performance attendue<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Aussi appelée approche performancielle.

## Revue et validations

Après la mise en œuvre de la gestion des données dans l'environnement de travail, il faut mettre en place les processus permettant au directeur de projet de conduire et coordonner au mieux les équipes.

Il est évident que le gestionnaire de MN a un **rôle primordial** dans cette organisation, car il :

- s'assure de la bonne qualité des données et des échanges,
- prépare les réunions,
- anticipe certaines actions qui n'exigent pas d'engager des responsabilités concernant le projet lui-même.

Le but est avant tout **d'organiser les revues** afin de faire des choix et de gérer les décisions qui y sont prises. Les trois revues sont décrites ci-après.

Revue	Description
Revue de <b>conception</b>	Réunion interne à une discipline, concerne un seul métier. <b>Décide de la mise à disposition des données</b> dans la maquette commune, afin que tous les participants puissent accéder aux données partagées.
Revue de <b>projet</b>	Réunion de coordination ou de synthèse avec les autres disciplines, lorsque l'ensemble des données est disponible et agrégé. <b>Vérifie la cohérence et l'intégrité</b> de la somme des métiers.
Revue de <b>phase</b>	Réunion en général en présence du donneur d'ordre. <b>Permet de figer un état du projet</b> et de la MN pour passer à une phase ultérieure du cycle de vie. C'est par exemple le cas pour passer de la phase projet à la phase exécution.

### **Revue de conception propre à chaque métier**

La revue de conception est un processus interne (à une discipline ou à une société), se déroulant au fur et à mesure de la finalisation des études. Son but est de **contrôler l'adéquation de l'étude avec les besoins** exprimés et de vérifier la conformité aux spécifications.

Après une revue de conception agréée par l'équipe impliquée (conforme aux exigences), le statut de la donnée change et devient « partagé », c'est-à-dire que la donnée est accessible par l'ensemble des partenaires.

Les modalités de ce contrôle sont définies par l'entité métier concernée et doivent être connues des autres partenaires, pour développer la confiance.

### **Revue de projet, pour assurer la cohérence du projet et de la maquette**

Les revues de projet sont des étapes indispensables de la vie d'un projet. En effet, les informations partagées dans la MN font apparaître des *clashes* d'incohérence ou d'incompatibilité. Les revues de projet sont destinées à **résoudre ces clashes**.

Dès l'établissement du planning général du projet, elles doivent être planifiées, si possible à dates régulières, afin d'instaurer un rythme stable et machinal. La participation de toutes les disciplines à ces revues de projet doit être obligatoire.

Les moyens matériels nécessaires doivent être identifiés (séminaire Internet, visioconférence, salle de réalité virtuelle, etc.) et maîtrisés par tous les acteurs.

La revue de projet doit être anticipée par le gestionnaire de maquette :

- **préparation** la veille ou l'avant-veille ;
- **vérification** des données (protocole de modélisation, niveau de détail) ;
- **détection préalable de clashes** et **premiers tris** (élimination des *clashes* déjà en cours de traitement, élimination des faux problèmes).
- etc.

## B – Concernant les projets

### B2- Gestion de la MN pendant la conduite de projet (suite)

Revue et validations (suite)

Revue de projet, pour assurer la cohérence du projet et de la maquette (suite)

Le gestionnaire de maquette est assimilé à un « chasseur de mauvais design ».

La revue de projet se déroule autour des *clashes*, comme indiqué ci-dessous :

Caractéristiques	Description
Chronologie des <i>clashes</i>	<b>Ancien <i>clash</i></b> (avec analyse des résolutions en cours). <b>Nouveau <i>clash</i></b> => chaque nouveau <i>clash</i> reçoit un n° afin de faciliter sa gestion.
Type de <i>clash</i> (interférence)	<b>Physique.</b> <b>Non physique</b> (écarts à respecter, volume de manipulation ou d'intervention nécessaires). <b>Réglementaire</b> ( <i>clash</i> avec la réglementation en usage) <b>Contraire aux besoins</b> exprimés.
Statut du <i>clash</i>	Statut 1, " <b>en interférence</b> " avec la spécification de : <ul style="list-style-type: none"><li>• collision avec quoi (quel objet, quelle discipline)?</li><li>• qui est en charge de sa résolution ?</li><li>• planification de sa résolution ?</li></ul> Statut 2, " <b>partagé</b> " lorsque qu'un <i>clash</i> est levé. L'objet est alors conforme au besoin.

Pendant les revues de projet, les prises de décision peuvent être **immédiates ou planifiées** (date établie pendant la réunion), en fonction du degré d'urgence, de la complexité ou de la connaissance des impacts sur d'autres informations.

Chaque revue de projet fait l'objet d'un **compte-rendu** pour diffusion et suivi des actions à réaliser.

#### **Revue de phase pour progresser dans la maturité du projet**

La MN sert aussi à faire approuver la fin de chacune des phases qui marquent le cycle de vie du projet.

Même si ces approbations se font encore sur des supports papier, la MN sert à expliquer le projet en permettant de **visualiser l'ensemble du projet** pour mieux faire comprendre la partie à approuver.

Cette revue sera conduite par le directeur de projet avec l'assistance du gestionnaire de MN.

#### **Évaluation des variantes**

Le processus d'évaluation des variantes peut être inclus dans la revue de conception ou la revue de projet. Le principe est de visualiser chaque variante, puis de faire des assemblages de plusieurs variantes, afin de les comparer entre elles.

Il faut donc faire un état des lieux avant de choisir :

- avancement de chaque variante,
- avantages et inconvénients de chaque variante,
- combinaisons possibles de variantes.

Pour mémoire, tous ces éléments sont stockés pour en assurer la traçabilité.



**Évaluations transversales (multi métiers, développement durable, etc.)**

Un des avantages de la MN collaborative partagée est de pouvoir **accéder facilement** à des données à travers des filtres de sélection. Cela permet de suivre l'avancement de la conception et son intégration dans l'environnement.

L'intégration du projet, de manière dynamique, permet de :

- **vérifier immédiatement** les impacts des implantations,
- **d'évaluer les variantes et optimisations**, en tenant compte de toutes les contraintes en interface avec le projet.

**Visualisation des contrôles**

Comme nous l'avons vu précédemment, la MN collaborative permet une visualisation rapide du statut des objets (en cours de conception, approuvé, validé, en interférence, etc.) par utilisation de codes de couleur.

De plus, elle permet de faire des requêtes précises pour trier des informations par discipline, par acteur ou par rôle.

**Visualisation des interfaces métiers, avancement et levée des points d'arrêts**

La MN permet aussi de faire des simulations d'états actuels ou futurs et ainsi d'analyser des scénarios. Par exemple, on peut prévoir un état des avancements à une date future donnée, pour **anticiper les approbations** à obtenir avant de réaliser une partie d'ouvrage. On peut en déduire des rétro plannings (appelés parfois Graphe Études).

Ces visualisations doivent permettre de :

- **Mieux comprendre les interfaces** entre les différents métiers et intervenants, afin de mieux maîtriser les points d'arrêt liés à des collisions avec des travaux en cours ou des incertitudes menant à l'ajournement de certaines décisions.
- **Planifier la réception** de certaines parties d'ouvrage, afin de libérer des zones pour l'intervention d'autres disciplines.  
C'est aussi le cas pour les **libérations des emprises** qui pourront être croisés avec la planification des travaux.

**Visualisation des évaluations et simulations**

De plus, on envisage de visualiser de manière **efficace les résultats** de toutes les simulations réalisées, par exemple : impacts environnementaux, coûts, délais, zones de libération des terrains, interactions avec les riverains et les concessionnaires.

Il s'agit là d'outils pour la prise de décision et d'outils de communication, afin d'expliquer de manière graphique et interactive, des phases de réalisation ou des impacts des travaux sur des zones adjacentes aux travaux ou des environnements sensibles.

Cela doit conduire à des propositions d'aménagement ou des modifications, en fonction des exigences apportées par des simulations de bruit ou des vérifications de règlements spécifiques (conformité loi sur l'eau).



**Au delà de la phase de construction**

La fin de la réalisation d'un projet est une étape clé de son cycle de vie.

C'est alors que commence la **phase d'exploitation**, qui nécessite une récupération des données indispensables pour assurer le **suivi**, la **maintenance** et la **continuité** des infrastructures réalisées.

**L'archivage, mémoire du projet**

À la fin de la phase de réalisation, la base de données est riche. Elle contient toutes les informations qui ont servi à l'élaboration et à la construction du projet.

L'archivage complet de ces données est **indispensable** pour conserver l'historique des décisions et pour être utilisées durant les phases d'exploitation puis de démantèlement des infrastructures.

Tous les partenaires sont concernés par cet archivage, mais il est nécessaire de bien définir la portée des informations à fournir à chacun. Il faut **filtrer** par partenaires et par discipline, afin que chacun fasse le tri des données qui entrent dans son périmètre contractuel de missions et qu'il est pertinent de conserver.

Cet archivage est enfin un moyen de **capitaliser les connaissances et expériences** acquises sur le projet. Il convient de prendre les dispositions pour assurer la **pérennité** et l'**accessibilité** des données dans le temps.

**Préparer l'exploitation**

De la même manière, seules les données nécessaires à l'opérateur afin d'assurer l'exploitation du projet doivent être sélectionnées :

- données réellement exécutées (dans leur dernière version, et avec le niveau de détail le plus élevé),
- références des équipements et leurs données techniques.

Le but est de structurer, de filtrer et de conserver seulement ce qui est indispensable à l'exploitant, afin d'améliorer les performances des recherches.

## B3- Développement de la confiance

### La confiance à l'intérieur d'un projet collaboratif

La problématique de la confiance est **omniprésente** dans les relations entre acteurs économiques. Elle s'inscrit dans une préoccupation de relations de **long terme** et se construit sur les attentes des acteurs et sur la prévisibilité de leur comportement. Elle se développe et se régule aussi bien par des mécanismes contractuels et contentieux que par des mécanismes plus informels de réputation et de parole donnée.

#### La confiance à tous les niveaux

Un projet conduit en **travail collaboratif** nécessite la confiance présente à tous les niveaux entre :

- direction du projet et partenaires,
- partenaires,
- direction du projet et collaborateurs réunis sur le projet,
- collaborateurs réunis sur le projet,
- collaborateurs et les outils partagés.

#### De nombreuses conditions pour son développement

Les moyens adéquats pour engendrer la confiance dans l'activité collective autour de la MN doivent être pris par la **direction du projet**.

La confiance suppose des conditions nécessaires multiples, d'où sa **volatilité**. Elle nécessite :

- **Prévisibilité** des attitudes : se connaître, s'informer réciproquement des difficultés, être transparent.
- **Remise**, partielle ou totale, **de ses intérêts** aux soins d'un tiers.
- **Partage** de normes communes.
- Transformation de la **défiance en confiance**.
- **Orientation** sincère vers la tâche commune qu'est le projet.

#### La confiance en complément des contrats

La confiance est le complément des engagements contractuels entre les agents économiques, puisqu'il est difficile de concevoir des contrats exhaustifs.

En revanche, la confiance peut s'instaurer **seulement** si les **relations** sont **formalisées** par les contrats, les normes communes, les règles de fonctionnement. La direction du projet veille à leur existence et à leur application.

### La confiance, clé de la mise en œuvre de la MN

La confiance est **indispensable** à l'utilisation d'un tel système commun.

L'adhésion de tous les intervenants est bien sûr primordiale. On ne peut se satisfaire d'une acceptation partielle. L'environnement collaboratif ne peut être efficace que si les données de la maquette sont exhaustives et de bonne qualité.

#### La confiance en situation de simultanéité

La MN facilite le travail collaboratif et le recours à l'ingénierie concurrente. De ce fait, elle accroît fortement l'interpénétration des sphères d'activité et la dépendance mutuelle des acteurs du projet.

On passe notamment d'une structuration du projet en phases bien définies où la responsabilité de chaque partenaire s'exerce pleinement, à un **continuum** où tous les acteurs interviennent simultanément.

#### La confiance dans les informations partagées

La MN permet aux acteurs de partager des informations. Chaque acteur doit donc avoir confiance dans :

- les informations qu'il récupère dans la maquette ;
- l'usage que les autres acteurs feront des informations qu'il y dépose.

La confiance que les acteurs auront dans l'outil MN prendra un poids déterminant. Cela influera sur la qualité du travail collaboratif.

La MN sera donc un outil pour développer la confiance. La confiance sera aussi nécessaire pour mettre en œuvre la MN.



**La confiance  
comme processus**

**La confiance :  
une dynamique,  
un processus**

La confiance qui « *se construit lentement et se détruit rapidement* »<sup>8</sup>, doit **s'établir très vite** dans un projet utilisant la MN. Le projet doit construire son capital de confiance dès la phase de lancement.

**Un travail  
collaboratif en  
plateau pour la  
phase de lancement**

La confiance doit plutôt être envisagée comme une **dynamique** ou un **processus** concernant tous les acteurs et de leurs interactions sur plusieurs périodes successives. Elle ne doit pas être envisagée comme un « état » à un moment donné et par un partenaire donné.

Les *benchmarks* nous ont montré que les autres secteurs industriels conduisent cette phase par un travail regroupant les acteurs « en plateau ».

Nous recommandons de conduire cette phase sur le même principe.

**Une confiance à  
entretenir tout au  
long du projet**

La MN fait évoluer les méthodes de travail collaboratif. Elle change les processus d'élaboration et de respect des règles et notamment celles de l'établissement de la confiance.

Nous allons distinguer la :

- confiance dans l'**outil**,
- confiance **interpersonnelle**,
- confiance **inter-organisationnelle**.

**La confiance  
dans l'outil**

**Choix commun  
d'un outil unique**

Un préalable est d'avoir confiance dans le **même outil**.

Le gain de la MN est précisément de s'apercevoir au plus tôt des divergences de vue, de conception. Ce gain risque d'être perdu s'il n'y a pas adhésion au choix commun de l'outil.

Un de nos *benchmarks* a montré comment un manque d'accord sur le choix d'un outil commun et sur son paramétrage pour le projet, conduit à récolter des données et des modèles issus d'outils différents. Jugés au départ comme compatibles, ils ont *in fine* abouti à une impasse du projet.

**Garantie de la  
la fiabilité de l'outil  
et de sa mise à jour**

L'outil doit être reconnu fiable. Dans le cas contraire, il y a un risque d'établissement de circuits de communication parallèles et de simulations redondantes. Ces dérives aboutissent à des voies divergentes qui s'avèrent généralement **très coûteuses**.

Il faut **faire évoluer l'outil**, en palliant ses carences signalées, au fur et à mesure des besoins de fiabilité exprimés par les différents partenaires. Cela contribue également à la notion de confiance.

**Logiciels  
certifiés**

Il est souhaitable d'utiliser des **logiciels certifiés** et des versions qui évoluent au fur et à mesure des certifications données par la profession. (cf. D4).

L'usage de référentiels de données reconnus et de normes internationales contribue en effet à établir la confiance des acteurs dans le projet.

<sup>8</sup> Usunier J.-C. et Roger P. (1999), *Finance, Contrôle, Stratégie*, vol 2, n° 1.

**La confiance interpersonnelle**

- Aux relations de confiance :
- entre salariés et management,
  - entre partenaires,
  - entre salariés et outil,
  - entre management et outil,

il faut ajouter les relations intra et inter-métiers.

Jamais les acteurs du projet n'auront eu autant de **visibilité** et de **dépendance** par rapport à l'activité d'acteurs dont ils ignorent le métier.

À chacun de ces niveaux correspondent des objectifs, des règles, des contraintes et des conditions d'établissement de la confiance.

**La confiance inter-organisationnelle**

La confiance interpersonnelle basée sur des expériences communes antécédentes est évidemment forte.

Cependant, dans le secteur des TP où les projets se reconfigurent en permanence, ces **occurrences** sont forcément **limitées**. La confiance inter-organisationnelle, qui se répercute sur la confiance interpersonnelle, est donc importante.

**Une confiance basée sur la réputation et la notoriété ...**

Elle se construit sur la **connaissance** et l'**appréciation** des règles de fonctionnement de chaque entreprise. Les effets de réputation et de notoriété se jouent aux deux niveaux.

**...la transparence...**

Les entreprises partenaires doivent afficher une transparence par rapport aux outils choisis :

- la MN,
- *Logiciels Métier* afférents,

par rapport à :

- leurs stratégies métier,
- l'engagement de leurs salariés dans un projet, dont elles n'ont par exemple pas la responsabilité.

**... et l'interdépendance des intérêts**

L'interdépendance des intérêts des acteurs, les intérêts communs, les intérêts convergents et compatibles incitent les acteurs à **coopérer**.

C'est l'horizon commun, où chacun a plus intérêt à **optimiser le gain commun** qu'à optimiser son gain particulier, qui doit dominer dans le projet. Le gain commun sera accru par la MN. Mais, il ne sera pas sans effort mutuel, notamment celui d'instaurer et de maintenir un capital de confiance dans le projet.



Page laissée blanche intentionnellement

## C - Concernant l'entreprise

<b>Introduction : de fortes implications sur l'entreprise.....</b>	<b>50</b>
Le changement, enjeu majeur du travail collaboratif.....	50
La direction doit s'impliquer en intégrant le travail collaboratif dans ses processus ...	50
Une équipe doit être identifiée pour supporter ces nouvelles méthodes et ces nouveaux outils	50
La DRH doit accompagner l'évolution des collaborateurs.....	50
Les implications.....	50
<b>C1- Implications dans les processus de l'entreprise .....</b>	<b>51</b>
Management par processus .....	51
Processus de management .....	51
Processus de réalisation .....	52
Processus support .....	52
<b>C2- Implications spécifiques sur le processus RH.....</b>	<b>57</b>
Vue d'ensemble : un sujet important et complexe .....	57
Évolution des compétences .....	57
Nouveau métier : gestionnaire de maquette .....	58
L'accompagnement par la RH .....	60

## Introduction : de fortes implications sur l'entreprise

### Le changement, enjeu majeur du travail collaboratif

Pour une entreprise, maîtriser le **travail collaboratif** avec une MN est un **enjeu majeur** pour intervenir avec efficacité sur les projets futurs, en particulier pour les grands projets.

Elle doit **s'y préparer** en conduisant des changements dans :

- sa stratégie et son organisation,
- ses méthodes et ses outils,
- le développement de ses ressources humaines.

### La direction doit s'impliquer en intégrant le travail collaboratif dans ses processus

Le travail collaboratif fait peur vis-à-vis de la perte de savoir faire ou des propriétés intellectuelles, voire de la dilution des responsabilités. Le fait est qu'il se développe de plus en plus sur les projets.

Prochainement, il sera donc obligatoire de savoir **l'organiser** et **l'utiliser**. La direction doit afficher sa volonté de le **pratiquer**. Elle doit adapter ses processus pour maîtriser les risques liés au mode de fonctionnement en entreprise étendue et en partenariats.

### Une équipe doit être identifiée pour supporter ces nouvelles méthodes et ces nouveaux outils

Les mondes de la MN, du travail en 3D, du travail collaboratif, de la réalité virtuelle et augmentée sont en **perpétuelle évolution**.

**Rester à niveau** nécessite de participer à de nombreux travaux et réseaux qui font évoluer ou qui suivent l'évolution des méthodes et outils.

Il est incontournable qu'une équipe serve d'**intermédiaire** entre ces réseaux et les collaborateurs pour que toutes les évolutions soient traduites pour les collaborateurs dans leurs différents métiers.

### La DRH doit accompagner l'évolution des collaborateurs

Les ressources humaines vont devoir fortement évoluer par :

- l'intégration de **nouveaux métiers**, dont celui de gestionnaire de MN,
- le développement de **nouvelles compétences**, en particulier pour la conception en 3D.
- un changement de **culture** vis-à-vis du partage en vue du travail collaboratif.

### Les implications

Ces changements sont décrits ci-après en analysant les implications :

- dans le processus de l'entreprise (C1) ;
- spécifiques sur le processus des ressources humaines (C2).



## C1- Implications dans les processus de l'entreprise

### Management par processus

Le management par processus a été retenu par la grande majorité des entreprises. Or, la mise en place d'un travail collaboratif avec la MN va impacter, à des degrés divers, les processus d'une entreprise.

Nous présentons donc ci-dessous nos **recommandations** vis-à-vis des changements à conduire par grand processus :

- processus de management,
- processus de réalisation,
- processus support.

### Processus de management

#### **Partenariats**

Le travail collaboratif, l'ingénierie concourante et la MN ont pour objectif de participer à l'**optimisation du projet** et non uniquement à l'optimisation de son contrat sur le projet.

En contrepartie, les acteurs doivent partager les gains (ou les pertes) réalisés sur le projet. Les contrats qui lient les acteurs sont donc des **contrats de partenariat** et non des contrats de réalisation de prestations.

Pour une entreprise, se positionner de manière préférentielle sur ce type d'intervention est un **axe stratégique important**.

#### **Les marchés en D&B, PPP ou concession**

Même si la MN et le travail collaboratif peuvent être mis en place sur tous les projets, il est évident que leur **application** est **optimale** sur les projets simplement en D&B, en PPP ou en concession. Ce sont ces projets qui, par vocation, obligent à **optimiser** avec un périmètre qui varie suivant le contrat.

Le positionnement sur ces marchés est un **axe stratégique** de l'entreprise.

#### **Cellule spécialisée**

Notre recommandation est que dans son organisation, l'entreprise dédie une **cellule spécialisée** pour :

- assurer une **veille technologique** sur ce sujet ;
- participer au **réseau** du secteur qui conduira l'évolution ;
- pilotera le **changement** dans l'entreprise ;
- assister les collaborateurs internes sur la mise en œuvre des **méthodes** et l'utilisation des **outils** ;
- capitaliser les **expériences** des projets sur les méthodes et les outils.

## Processus de réalisation

### Processus commerciaux

Sur le plan **des marchés ciblés**, les équipes commerciales devront cibler de manière spécifique les projets qui pourront être conduits en partenariat (D&B, PPP, concession). La mise en place d'un partenariat se prépare très en amont mais ne se fait pas *a posteriori*.

Le travail collaboratif avec une MN est **porteur de gains** pour les donneurs d'ordre :

- meilleure information sur le projet,
- meilleure qualité de l'ouvrage construit,
- coûts et délais du projet optimisés,
- utilisation ultérieure de la maquette pour la gestion de son patrimoine,
- etc.

Les équipes commerciales devront donc bâtir un **argumentaire commercial** pour :

- favoriser l'usage de la MN ;
- intégrer dans les consultations le processus collaboratif et l'usage de la MN ;
- valoriser l'atout concurrentiel de l'entreprise par la maîtrise des méthodes et des outils.

Enfin, la MN est un outil exceptionnel pour **établir les offres** lorsque la taille et la complexité du projet le justifient. Elle permet :

- le travail collaboratif pour son établissement (surtout en partenariat) ;
- de disposer de toutes les informations pour faire les simulations des différents scénarios et donc de trouver la **meilleure proposition** ;
- de faire au donneur d'ordre des présentations de qualité des propositions, d'être bien compris et donc de convaincre.

### Processus de production

Les processus de production des projets seront bien sûr impactés. Ces impacts ont été décrits dans le chapitre B relatif aux projets.

Il reste aux entreprises à les traduire dans les procédures internes. Ainsi, les acteurs de l'entreprise, qui interviendront sur ces projets, pourront **se préparer en interne** à utiliser la MN avec les partenaires externes.

Une attention particulière sera notamment portée aux contrôles internes des productions spécialisées avant qu'elles soient mises dans la MN pour être partagées.

## Processus support

### Processus de développement technique

Les processus de développement technique seront concernés au premier chef par le changement.

#### ■ Méthodes et outils

Notre analyse a montré que les méthodes et les outils seront fortement modifiés par le travail collaboratif et la MN. Ces changements concernent les :

- méthodes de **conception** avec la conception en 3D volumique des objets du projet ;
- méthodes propres à l'**ingénierie concourante** (contrôle, partage, validation, etc.) ;
- **outils de conception métier** dont les fonctionnalités vont évoluer vers une interopérabilité ;
- **nouveaux outils collaboratifs** qui constitueront la MN. Ils offriront de nouvelles fonctionnalités et intégreront celles fournies aujourd'hui par les GED ou les SIG.

De plus, les technologies qui sous tendent ces outils sont en évolution rapide. La réactivité pour les intégrer rapidement dans les process sera une nécessité.



#### **Processus de développement technique (suite)**

##### ■ **Structuration des projets**

Pour chaque type d'infrastructure, les processus techniques devront également définir comment il est pertinent de **structurer les projets en objets et processus** pour que l'usage de la MN soit efficace pour tous. Cela conduit à revoir **l'organisation des données** de l'entreprise pour pouvoir partager celles qui ne sont pas confidentielles ou porteuses de propriété intellectuelle.

Cette réflexion concerne les concepteurs, les constructeurs et les exploitants. Ils devront y avoir réfléchi pour que les phases de lancement des projets en partenariat intègrent bien les contraintes de tous les acteurs.

##### ■ **Management de projet**

Pour les entreprises qui en auront la charge, les processus de management de projet seront aussi à adapter, par exemple :

- organisation de l'ingénierie concourante,
- mise en place et gestion de la MN,
- définition des droits,
- processus de validation, revues de projet,
- développement de la confiance.

##### ■ **KM et capitalisation**

La MN sera un outil très puissant de **capitalisation** du savoir faire et des connaissances et donc de **Knowledge Management (KM)**. En effet, elle regroupe toutes les informations du projet et surtout ces informations sont structurées. Il faudra donc mettre en place un processus permettant de les extraire et de les exploiter dans le système KM de l'entreprise.

##### ■ **Fertilisation croisée**

Enfin, nous avons pu constater la richesse du travail en partenariat dans la **R&D** sur ces sujets. Les gains résultent du croisement de points de vue différents voire divergents pour **enrichir les propositions**. Il y a aussi la **crédibilité** que le partenariat donne aux propositions.

**Processus systèmes  
d'information****■ Le partage des données avec l'extérieur**

Le travail collaboratif sur les projets revient à pratiquer de manière concrète l'**entreprise étendue**. Les systèmes d'information devront donc se préparer à **partager des informations** avec des sociétés externes. Le tri des informations est sans doute rattaché aux processus techniques, mais les outils et procédures de protection et de sécurité doivent être mis en place.

Les outils mis à disposition des collaborateurs vont devoir évoluer. Les directions informatiques vont devoir en organiser :

- le choix,
- les achats,
- les installations,
- la maintenance,
- l'assistance aux utilisateurs.

**■ La possibilité du SAS**

La diversité des outils disponibles et le partage des mêmes outils sur un projet conduiront à envisager de plus en plus le **Software as Service (SAS)**. Il s'agit d'acheter le droit d'usage, non pas d'acheter la licence d'un logiciel. On ne paye que le temps d'utilisation.

Ce type de commercialisation n'est pas encore très répandu pour les infrastructures, mais il présente l'avantage de :

- pouvoir uniformiser sur un projet les logiciels à utiliser,
- éviter aux entreprises de les acquérir pour un seul projet.

C'est une solution technique particulièrement bien adaptée au travail collaboratif et à l'usage d'une MN.

**■ Les plates-formes collaboratives et leurs conséquences**

Enfin, il faut se préparer à l'**émergence de plateformes collaboratives** très complètes hébergeant les projets. Il s'agit en fait d'héberger la MN dans une structure externe. Le management de la maquette restera à la direction du projet, mais sa gestion sera **externalisée**. On pourra y trouver :

- hébergement de toutes les informations du projet,
- gestion des données et de la maquette,
- gestion des droits définis,
- mise à jour permanente,
- maintien des outils en fonction des évolutions,
- mise à disposition des logiciels retenus pour le projet,
- mise à disposition d'équipements d'utilisation tels que des salles immersives, des salles d'ingénierie concourante pour les revues de projet, etc.

Ces plateformes apportent en particulier une **réponse aux risques d'intrusion** dans les systèmes d'information des partenaires. En effet, chaque partenaire travaille avec la plateforme sans avoir à entrer dans le système d'information d'un autre partenaire.

Elles sont **comparables aux espaces collaboratifs externes**, déjà utilisés par le secteur, mais avec des services largement étendus par les fonctionnalités de la MN.



**Processus  
juridique**■ **Lever le frein de la crainte de divulgation de savoir-faire**

Un processus de **protection du savoir-faire** de l'entreprise doit exister. En effet, un des freins identifiés au partage des informations par la MN, et plus généralement au travail collaboratif, est la crainte que le savoir-faire de l'entreprise soit récupéré par les autres partenaires.

Nos **recommandations** devraient garantir cette protection, par exemple :

- fonctionnalités des outils,
- identification des informations des privées,
- gestion des droits d'accès,
- maintien des conceptions spécialisées en dehors de la maquette,

Les services juridiques devront les traduire dans des procédures internes.

■ **Intégrer la problématique de la propriété intellectuelle**

Il en est de même **des propriétés intellectuelles**. Apporter des idées nouvelles pour optimiser un projet est un objectif du travail collaboratif, mais la propriété intellectuelle doit rester à celui qui en a eu l'idée.

Là aussi, des **procédures** permettant la traçabilité des idées sont à établir par les entreprises, sachant que la MN gardera et gèrera cette **traçabilité**.

Les **contrats de partenariat** (PPP, D&B, Concession) doivent faire l'objet d'un contrôle juridique spécifique. Les textes législatifs et réglementaires qui les encadrent ne sont pas toujours adaptés et la jurisprudence n'est pas aussi abondante que pour les contrats classiques.

Les services juridiques devront mettre en place un **processus de vérification** et éventuellement des **guides** pour leur établissement.

■ **Maîtriser les risques spécifiques**

Enfin, une **maîtrise des risques** spécifiques liés au travail en partenariat et à l'usage d'une MN doit se traduire dans des procédures adaptées. Ces risques ont été identifiés des les livrables de COMMUNIC.

Notons par exemple :

- la reprise de prestations due à l'ingénierie concurrente,
- la répartition des gains et pertes résultant optimisation du projet,
- la redistribution des responsabilités,
- le débauchage des compétences de l'entreprise,
- la perte de savoir-faire,
- la propriété intellectuelle.

**Processus financiers** Le travail collaboratif en partenariat sur les projets conduit à modifier les principes de gestion des projets.

Le management par projet est en général fait par **comptabilisation des dépenses** et des **recettes** réalisées ou prévues. Elles portent sur la réalisation des prestations confiées à l'entreprise par le contrat.

Le partenariat conduit à prendre en compte des gains ou des pertes sur le projet dans son ensemble. Ceux-ci sont partagés par les partenaires.

Il faut donc mettre en place des processus financiers de **maîtrise des risques et de comptabilisation** spécifique de ces gains ou pertes.

**Processus communication** Il faut prendre en compte l'un des enjeux de COMMUNIC qui est de donner au secteur des travaux publics une **image « High-Tech »** qu'il n'a pas aujourd'hui.

Cet objectif doit être pris en compte dans les plans de communication des acteurs pour **valoriser l'image** de l'entreprise par la maîtrise des méthodes et outils du travail collaboratif et de l'usage de la MN.

**Processus RH** Voir le module C2 aux pages suivantes.

## C2- Implications spécifiques sur le processus RH

### Vue d'ensemble : un sujet important et complexe

Les impacts sur le processus des ressources humaines au niveau de l'entreprise, ont une grande importance pour les partenaires du projet COMMUNIC. Nous les avons donc traités de manière spécifique dans ce module. Ce sujet est également complexe pour plusieurs raisons évoquées ci-dessous.

#### Des impacts RH transversaux

L'ampleur du changement envisagé et la rupture culturelle qu'elle implique, rendent les impacts RH incertains, et surtout transversaux à **toutes les fonctions** de l'entreprise. Par exemple, la structuration d'un projet en objets est une nouveauté pour le secteur, ce qui va **impacter la façon de travailler**, et ce à tous les niveaux de l'organisation.

#### Une vision par type d'intervenant

L'analyse des usages et de la création de valeurs attendues de la maquette a été déclinée **par type d'intervenant**. De même, leurs contreparties organisationnelles (et en particulier en matière de RH), dépendent dans une très large mesure de la position de l'entreprise dans la chaîne de valeurs du secteur. Les conséquences humaines de cette nouvelle technologie et des nouvelles formes d'organisation qu'elle porte ne seront sans doute pas les mêmes du point de vue du concepteur, du constructeur, ou encore de l'exploitant.

#### Pas de définition claire de l'impact RH

La notion même d'impact RH n'est pas toujours clairement perçue et ne répond à **aucune définition normalisée** : doit-on évoquer les nouvelles pratiques de gestion des RH dans le secteur ? S'agit-il de mesurer un impact sur la ressource elle-même, plutôt que sur sa gestion ?

#### Axes de réflexion

Pour traiter ce sujet, nous privilégions trois axes de réflexion :

Axe de réflexion	Questions associées
<b>Évolution des compétences</b>	<p>Quelles sont les nouvelles missions et rôles des collaborateurs ? Quels <b>acteurs</b> de la conduite de projets vont voir leur rôle évoluer et comment ?</p> <p>Quels sont les <b>rôles</b> nécessaires au fonctionnement du modèle global qui n'existent pas actuellement ?</p> <p>Quelles sont les <b>compétences</b> à détenir pour assumer ces missions redéfinies ? Bien sûr, il n'est pas seulement question de définir des nouveaux rôles. Il faut aussi faire évoluer les compétences et les rôles des collaborateurs actuels.</p>
<b>Nouveau métier : gestionnaire maquette</b>	<p>Comment le positionner ? Quelles sont ses fonctions ?</p> <p>Quelles sont ses <b>compétences</b> de base ?</p>
<b>L'accompagnement par la RH</b>	<p>Quels impacts sur les plans de : formation, recrutement ?</p> <p>Quels impacts sur la culture d'entreprise elle-même ?</p>

### Évolution des compétences

Cette réflexion permet à une entreprise souhaitant passer à la MN d'avoir des repères pour faire un bilan des compétences qu'elle détient. Elle estimera ainsi les impacts de ce changement en termes de formation, de recrutement, etc.

#### Changements profonds à prévoir

Les *benchmarks* ont montré que la **redéfinition** des métiers, des postes, des compétences est un **invariant** de la transition d'une organisation vers la MN. Le secteur des TP n'échappe pas à cette règle.

La mise en œuvre du changement organisationnel, décrit dans les sections précédentes, va profondément modifier les missions et rôles des collaborateurs.

Certaines catégories d'acteurs auront un rôle différent, de nouvelles fonctions vont apparaître. Il s'agit dès lors d'**anticiper**, d'**accompagner**, voire d'**impulser**, ces changements. Cela est vrai en particulier les compétences nouvelles à détenir pour passer à la MN.



- Compétences redéfinies et compétences nouvelles**
- Il est impossible d'anticiper tous les changements induits par la MN en matière de compétences à détenir. Les *benchmarks* ont montré qu'il fallait distinguer :
- **Compétences redéfinies.** Par exemple : interventions des dessinateurs, projeteurs, techniciens, ingénieurs ; renforcement du rôle des gestionnaires de MN. Elles conduisent à de nouvelles prises de responsabilités et prises de risque (ex. : risques de reprise sur la maquette) que la fonction RH va devoir accompagner.
  - **Compétences nouvelles.** Avec la MN, les interdépendances prennent une importance plus grande que les objets eux-mêmes. En conséquence, il faut être capable de gérer ces interdépendances. La MN va aussi renforcer une autre interdépendance en facilitant la double appartenance métier / projet.

**Évolution des métiers actuels**

Si les métiers existants sont affectés, ils gardent leur **noyau de compétences actuelles**. Il existe par exemple peu de raisons de penser que la MN va changer profondément le métier de géomètre topographe.

Toutefois, tous les acteurs qui vont utiliser la MN devront savoir comment :

- en extraire les informations dont ils ont besoin,
- y déposer les informations qu'ils produisent.

**Savoir utiliser une MN sera donc une nouvelle compétence** que chaque acteur devra acquérir.

Certains acteurs dont le métier consiste à concevoir des ouvrages ou des objets, auront eux à effectuer cette **conception en 3D volumique**. Cette compétence existe chez certains projeteurs, mais la majorité des projeteurs conçoit encore en 2D ou en 3 fois 2D. Concevoir en 3D est une compétence à généraliser chez les concepteurs.

**Nouveau métier**

Nous avons choisi de développer de manière les **compétences d'intégration d'un nouveau métier, appelé gestionnaire de maquette**. Elles sont très probablement nouvelles pour la majeure partie des entreprises du secteur. Elles font l'objet du point suivant.

### Nouveau métier : gestionnaire de maquette

Les *benchmarks* ont montré que la mise en œuvre d'une MN collaborative nécessite le plus souvent **l'établissement d'une nouvelle fonction**. Elle vise à assurer la coordination entre les différents acteurs qui interagissent à travers la MN.

#### Un métier d'interface...

Cette fonction consiste à gérer la complexité portée par la MN, trop lourde pour être assumée par les acteurs usuels des projets.

Selon les cas, il est nommé administrateur de MN ou intégrateur (« *digital mock up integrator* » chez Airbus). COMMUNIC a retenu le terme de « **gestionnaire de maquette** ». Ce gestionnaire de maquette ne se substitue à aucune fonction existante, mais est un **facilitateur de l'utilisation** de la maquette, par les métiers. C'est un métier d'interface.

#### ... justifié par la complexité de la MN

La justification de cette nouvelle fonction part du constat que la **MN est trop complexe** pour les acteurs métiers (ex. : personnels de production chez Airbus qui ont besoin d'une assistance pour utiliser la MN).

La complexité tient aussi au **nombre des interdépendances** à gérer. Il faut un acteur avec une vision globale de la MN. Il devrait être hiérarchiquement au directeur du projet.



**Ses fonctions** Quelles sont les fonctions du gestionnaire de maquette ?

Fonction	Commentaires associés
<b>Gérer les interfaces</b> entre les partenaires du projet avec deux dimensions	Interface <b>culturelle et professionnelle</b> entre les différents métiers, c'est-à-dire définir en amont le cadre des interfaces, pour instaurer la confiance nécessaire et préalable à l'exercice d'une bonne coopération. Interface <b>technique</b> entre les outils de traitement de l'information utilisés par les métiers du secteur, condition nécessaire pour réussir à réaliser l'œuvre commune.
<b>Contribuer à la structuration du projet</b> autour de la MN	Aider à <b>structurer</b> la maquette en objets. Gérer l'évolution de la structuration.
<b>Contrôler l'usage</b> de la MN	Assurer l' <b>application des règles</b> définies en amont. Veiller à la <b>qualité des données</b> intégrées à la MN. Mettre en place les outils adéquats et les règles de contrôle. Mettre en place les <b>règles et outils de contrôle des conversions</b> de données automatisées afin de garantir une fiabilité constante des données. Identifier et corriger les erreurs. Conserver la <b>traçabilité</b> des choix et décisions au cours du cycle de vie de l'infrastructure.
<b>Gérer les interdépendances</b> dans la maquette	Identifier, hiérarchiser et gérer les <i>clashes</i> qui prennent avec la MN une importance plus grande que les objets eux-mêmes.
<b>Coordonner et informer</b> les métiers	Assurer une fonction <b>d'aide</b> aux personnels métiers (ex. : aide au process planning des préparateurs de production.) Rendre les <b>outils accessibles</b> aux intervenants métiers. Mettre les acteurs métiers au <b>même niveau d'information</b> . Vérifier la <b>cohérence</b> et la <b>compatibilité</b> des données entre les règles métiers (notamment sémantiques) et les règles informatiques. <b>Inform</b> er le directeur de projet des incohérences.
Organiser les <b>revues de projet</b>	Préparer les éléments issus de la MN utiles pour les revues de projet. Animer les revues avec le directeur de projet.

**Compétences requises** Ces nouvelles fonctions nécessitent en partenaire ces compétences :

Compétences	Détails
<b>Techniques</b>	Bien <b>connaître les principaux métiers</b> des acteurs d'un projet de TP, et leurs contraintes et logiques. Savoir intégrer les points de vue de ces partenaires afin de définir le <b>cadre de la coopération</b> . Savoir communiquer ce cadre sous plusieurs formes : formations, guides de bonnes pratiques, lois et règlements, etc. <b>Connaître les logiciels métier et les formats de données</b> susceptibles d'être utilisés par les partenaires. <b>Connaître les systèmes d'échange de données</b> entre logiciels et la pratique des outils et normes mondiales qui les régissent. Savoir assurer la conversion entre ces formats et le format d'échange neutre de la MN.
<b>Relationnelles</b>	Au delà des compétences techniques à acquérir, le succès du déploiement de la MN dépend des compétences relationnelles des acteurs. Ainsi lorsqu'un acteur est présent sur le plateau (physique ou virtuel), l'important n'est pas seulement ce qu'il sait techniquement. Sa capacité à aller chercher dans un métier les solutions (c'est-à-dire parfois ceux qui les détiennent) aux problèmes posés pour les intégrer dans le cadre du projet, est elle aussi essentielle.

## L'accompagnement par la RH

Compte tenu de la spécificité des compétences nouvellement requises, la **ressource humaine** formée aux nouvelles spécifications technologiques et organisationnelles est **rare**. Même si la formation initiale s'adaptera très probablement à ces changements, il y aura une certaine **inertie**.

La **différence de génération** peut engendrer certains **blocages** entre des collaborateurs expérimentés, attachés au 2D et ne désirant pas modifier leurs pratiques, et des nouveaux collaborateurs aptes à utiliser de nouveaux outils.

### Recrutement

La DRH pourra :

- **Traduire les besoins** en fiches de postes en s'aidant des spécifications vues ci-dessus.
- Identifier les **réservoirs de RH en interne** : les métiers dont les compétences sont les plus proches de celles requises par les nouvelles fonctions décrites ci-dessus.
- Identifier les **réservoirs de RH externes**. Par exemple, les écoles et parcours de formation à la pointe sur les questions de conception numérique. Éventuellement créer des partenariats avec ces établissements.
- Élargir le **recrutement** à des personnes qui n'ont pas forcément d'expérience dans le secteur, mais qui sont habituées à la MN collaborative (ex. : personnes issues des secteurs visités pendant les benchmarks).

### Formation initiale

La RH pourra s'investir dans la formation initiale auprès des établissements (écoles et universités). C'est en **agissant en amont** que le choc culturel de la MN dans les TP sera le mieux surmonté. Des jeunes sont aujourd'hui formés à la MN à l'instar de ce qui se pratique déjà dans les écoles de design, d'architecture ou d'ingénieur. Voir par exemple le Master Spécialité Ingénierie Numérique de l'Ensam Paris Tech.

### Formation continue

Dans les entreprises, il faut **former tous les collaborateurs impactés**, y compris les seniors et l'encadrement : aux outils, aux méthodes, aux processus, à la culture numérique. L'objectif de ces formations est de :

- comprendre les **résistances** au changement :
  - modification des habitudes,
  - perte de légitimité pour certains acteurs par exemple face à des jeunes très compétents sur les logiciels),
- **former** et d'**accompagner** en termes de :
  - communication sur les intérêts et sur les écueils du changement ;
  - nouvelles compétences et de nouveaux métiers nécessaires.

Les modalités de ces formations sont variables et intègrent des **processus spécifiques** comme des dispositifs d'accompagnement des nouveaux métiers. De façon plus traditionnelle, les témoignages des expériences des autres secteurs industriels participent de cette formation.

### Évolution de la culture

Ceci étant souligné sur les dimensions de recrutement et de formation, les implications RH portent aussi sur :

- l'évolution de la **culture métier** (d'une culture 2D à une culture 3D, plus précisément d'une culture du plan à une culture de l'objet) ;
- l'aptitude à **travailler en entreprise étendue**.

### La nécessaire mobilisation de la RH

On voit donc bien pourquoi la RH devra être mobilisée en termes de recrutement et de formation des collaborateurs. Elle devra aussi se mobiliser sur ces sujets : **motivation, intéressement, culture**.

### Construire une attractivité du secteur

Le **défi** est bien de construire une attractivité générale du secteur, notamment pour des profils de jeunes techniciens et ingénieurs, en faisant évoluer les rôles, les compétences et les technologies. Ce sont donc aussi les métiers ayant participé à des expériences réussies de MN (dans et hors BTP) qui, communiquant sur leurs **success stories**, participeront à ce changement.



## D- Concernant le secteur des travaux publics

<b>Introduction : tout le secteur est concerné.....</b>	<b>62</b>
<b>Tout le secteur TP est concerné .....</b>	<b>62</b>
<b>Une organisation nécessaire.....</b>	<b>62</b>
<b>Évolution des rôles des acteurs des projets .....</b>	<b>62</b>
<b>Réglementation et législation .....</b>	<b>62</b>
<b>Stratégies de standardisation .....</b>	<b>62</b>
<b>La standardisation appliquée à COMMUNIC.....</b>	<b>62</b>
<b>Références à consulter .....</b>	<b>62</b>
<b>D1- Pourquoi il est nécessaire de s'organiser .....</b>	<b>63</b>
<b>Aujourd'hui .....</b>	<b>63</b>
<b>Demain : le secteur des TP doit s'organiser pour évoluer .....</b>	<b>63</b>
<b>Scénario 1 : émergence d'une solution éditeur.....</b>	<b>64</b>
<b>Scénario 2 : émergence d'une solution d'un acteur majeur .....</b>	<b>65</b>
<b>Scénario 3 : création de plateforme(s) de services indépendantes .....</b>	<b>65</b>
<b>D2- Évolution des rôles des acteurs .....</b>	<b>67</b>
<b>Introduction : les acteurs.....</b>	<b>67</b>
<b>Acteurs directs.....</b>	<b>67</b>
<b>Acteurs indirects.....</b>	<b>69</b>
<b>Acteurs influents.....</b>	<b>69</b>
<b>D3- Réglementation et législation.....</b>	<b>70</b>
<b>Le contexte actuel.....</b>	<b>70</b>
<b>Faire reconnaître le travail collaboratif et l'ingénierie concourante.....</b>	<b>70</b>
<b>Faire reconnaître l'usage de la MN .....</b>	<b>72</b>
<b>Recommandations.....</b>	<b>72</b>
<b>D4- Stratégies de standardisation .....</b>	<b>73</b>
<b>Typologie des stratégies de construction d'un standard .....</b>	<b>73</b>
<b>Stratégie endogène.....</b>	<b>74</b>
<b>Stratégie d'acquisition .....</b>	<b>74</b>
<b>Stratégie de co-développement .....</b>	<b>75</b>
<b>Stratégie de prescription .....</b>	<b>75</b>
<b>En résumé.....</b>	<b>76</b>
<b>D5 – La standardisation appliquée à COMMUNIC .....</b>	<b>77</b>
<b>Standardisation des objets et de leurs attributs .....</b>	<b>77</b>
<b>Standardisation des supports de communication par la MN.....</b>	<b>78</b>
<b>Certifications .....</b>	<b>80</b>

## Introduction : tout le secteur est concerné

### Tout le secteur TP est concerné

Le secteur des travaux publics est **entièrement** concerné par la mise en place du modèle global proposé. Par secteur, il faut entendre l'ensemble des acteurs concernés tel que cela est décrit plus bas dans le document.

### Une organisation nécessaire

Dans la première partie, nous analysons **plusieurs scénarios d'évolution** pour que puisse se développer le travail collaboratif avec une MN. Nous en préconisons un.

### Évolution des rôles des acteurs des projets

La deuxième partie fournit, pour chacune des catégories d'acteurs des projets, les **recommandations** concernant l'évolution de leurs rôles et responsabilités dans le cadre des projets.

### Réglementation et législation

La troisième partie décrit les **évolutions** à prévoir pour les textes réglementaires et les lois qui définissent ou contraignent les processus de conduite des projets d'infrastructures.

### Stratégies de standardisation

La quatrième partie décrit les stratégies de standardisation qui sont adoptées en fonction des contextes des secteurs d'activité. Nous proposons le choix d'une de ces stratégies.

### La standardisation appliquée à COMMUNIC

La cinquième partie concerne l'application de cette stratégie au cas de COMMUNIC. Elle insiste sur la nécessaire mobilisation du secteur des TP pour l'établissement des standards ainsi que pour la mise en place de certifications.

### Références à consulter

Ce chapitre D n'est pas autoporteur. Voici les autres références :

Pour	Se référer au
Comprendre le modèle global.	<i>Livrable L1 « Modèle global ».</i>
Conduire le changement au niveau d'une entreprise ou d'un projet.	<i>Chapitres B et C de ce livrable L2.</i>
Découvrir les recommandations sur les changements en matière d'outils.	<i>Chapitre A de ce livrable L2.</i>
	<i>Livrable L3 « Programme fonctionnel de la MN », pour plus de détails.</i>

## D1- Pourquoi il est nécessaire de s'organiser

### Aujourd'hui

#### **Une organisation spécifique par projet**

Aujourd'hui, les acteurs d'un projet d'infrastructures linéaires s'organisent au coup par coup, sur chaque projet.

#### **À chaque acteur ses méthodes et outils**

Chaque acteur a ses **propres logiciels métiers** ou collaboratifs.

Les méthodes et outils pour travailler de manière collaborative sont **choisis au cas par cas**, en fonction des acteurs réunis et des caractéristiques du projet.

Chaque fois, l'expérimentation et les outils ne communiquent pas entre eux. En général, le résultat n'est donc pas au niveau des espérances !

#### **La capitalisation n'est pas organisée**

L'expérience acquise par chaque acteur n'est pas forcément capitalisée au sein de l'entreprise à laquelle il appartient.

#### **Les délais courts contrarient la mise en place des logiciels collaboratifs**

Les délais trop courts des projets ne permettent pas de développer des logiciels collaboratifs. Les solutions informatiques mises en place sont souvent limitées à une adaptation des logiciels existants pour les faire communiquer.

### Demain : le secteur des TP doit s'organiser pour évoluer

Les autres secteurs d'activité ont entrepris depuis plusieurs années des **mutations organisationnelles**. Elles ne sont pas transposables telles quelles.

En effet, le secteur des travaux publics est caractérisé par :

- Les contraintes résultant du *Code des marchés publics*.
- Le très grand nombre de :
  - métiers et d'acteurs.
  - logiciels métiers non interopérables avec un outil fédérateur reconnu.
- L'absence d'un leader, acteur global et légitime pour conduire l'évolution seul et l'imposer aux autres acteurs.

Le secteur doit donc définir comment il veut évoluer. Sachant que la mutation sera longue, il doit commencer dès maintenant. Il faut donc **valider l'organisation cible** et avoir un **plan de conduite du changement**.

#### **Scénarios analysés**

Les partenaires du projet COMMUNIC ont analysé les trois scénarios suivants, qui sont détaillés dans les pages suivantes.

N°	Scénario	Contenu
1	Émergence d'une solution développée par un éditeur de logiciels	Un éditeur logiciel développe un outil fédérateur qui s'impose aux différents acteurs par son interopérabilité avec l'ensemble des autres outils métiers.
2	Émergence d'une solution développée par un acteur majeur, concepteur et/ou constructeur	Un des acteurs directs développe son outil et l'impose aux autres acteurs en devenant le leader du secteur.
3	Création d'une (de) plateforme(s) de services.	Le secteur s'organise pour mettre au point une solution commune.

#### **Le 3<sup>ème</sup> scénario est préconisé**

Les partenaires de COMMUNIC **préconisent unanimement le troisième scénario** de création d'une plateforme collaborative fournissant des services aux acteurs du secteur.

**Scénario 1 :  
émergence d'une  
solution éditeur**

**Les éditeurs  
des logiciels métiers  
du secteur des  
travaux publics, ...**

Actuellement, les grands éditeurs de logiciels s'intéressent fortement au développement d'une plateforme collaborative de type MN. Nous montrons ci-dessous pourquoi, néanmoins, ils ne pourront pas être les moteurs du changement préconisé par COMMUNIC.

Les éditeurs de logiciels métiers du secteur des travaux publics (ex. : Bentley, Autodesk, Esri) sont sensibilisés à la complémentarité de leurs logiciels voire au développement d'outils collaboratifs.

Leur stratégie commerciale les conduit à proposer des **chaînes de logiciels** de plus en plus complètes, mais **sans interopérabilité** avec les logiciels des autres éditeurs. Ils n'ont pas à ce jour décidé de travailler ensemble pour définir des standards communs d'échange qui permettraient d'aller vers une réelle interopérabilité. Ils ont développé des partenariats avec chacun des acteurs du secteur pour apporter une **solution** adaptée à chaque cas, mais **individuelle et non générale**.

Sans changement de stratégie, ces éditeurs ne pourront pas être les moteurs de l'évolution souhaitée par les partenaires de COMMUNIC.

**... les éditeurs  
d'autres secteurs  
proposant des outils  
collaboratifs, ...**

Dans d'autres secteurs industriels, le développement de logiciels s'est fait en **complémentarité de logiciels** qui sont devenus des standards de ces secteurs (ex. : CATIA). Un nombre restreint d'éditeurs a ainsi pu développer de véritables **outils collaboratifs autour d'une MN**. On peut ainsi citer ENOVIA (Dassault Systèmes) ou WINDCHILL (PTC).

Leurs expériences seraient très précieuses pour faire la même chose sur le secteur des travaux publics. Malheureusement, ils ne connaissent pas les métiers de ce secteur, ses nombreux acteurs et leurs logiciels stratégiques.

Ces éditeurs ne pourront pas être, seuls, les moteurs du changement attendu.

**... ou les  
petits éditeurs  
de développement  
de solutions...**

Des éditeurs beaucoup plus petits s'intéressent également à la MN. Elles travaillent à partir de modeleurs *Open Source* (ex. : Rhino), avec l'accord tacite de l'éditeur du modeleur. Ce dernier voit en effet avec bienveillance l'infiltration de son modeleur sur le marché.

Ces prestataires sont, et resteront, **précieux** pour conduire le changement. En effet, dans la première phase, de nombreux utilitaires devront être développés pour rendre interopérables les logiciels métiers.

En revanche, ces éditeurs ne peuvent prendre en charge les très lourds développements que le changement va nécessiter.

**... ne pourront pas  
être les moteurs  
du changement  
préconisé par  
COMMUNIC**

En conclusion, il est impératif que les éditeurs de logiciels soient associés au développement des nouveaux outils permettant le travail collaboratif avec une MN.

Cependant, aucun d'entre eux ne nous semble capable de conduire seul le changement. Il faudra que **plusieurs d'entre eux** travaillent ensemble et qu'ils soient associés aux acteurs directs.

**Scénario 2 :  
émergence  
d'une solution  
d'un acteur majeur**

**Très coûteux  
en développement  
puis en maintenance**

**Peu fédérateur**

**Peu représentatif  
du secteur**

Un des leaders du secteur pourrait décider de **financer** les développements, seul ou avec des partenaires choisis. Afin de disposer de toutes les compétences nécessaires, il pourrait constituer un **groupement** composé d'un concepteur, d'un constructeur et d'un éditeur.

Les partenaires de COMMUNIC ne pensent pas que ce scénario soit le plus adapté pour conduire le changement, pour les raisons évoquées ci-après.

Le premier frein à ce scénario est de **réunir le financement** d'un projet de plusieurs années et très coûteux. Il faut ajouter à ce coût de développement un coût de maintenance important pour que cet outil garde sa pertinence.

Enfin, pour rentabiliser un tel investissement, il faudrait que ce groupement puisse **vendre** cette solution aux **autres acteurs** et donc aux **concurrents** des membres du groupement !

Le deuxième inconvénient de ce scénario est qu'il est peu fédérateur des acteurs directs. Les travaux du projet COMMUNIC ont montré l'importance de conduire de tels projets de développement avec le **maximum d'utilisateurs futurs**. C'est le gage pour que les méthodes et outils soient ensuite utilisés et diffusés.

Enfin, pour que ce changement soit réel, il faudra que les standards retenus pour l'interopérabilité soient **validés et reconnus** par les instances de **normalisation françaises et internationales**. Un petit groupe d'acteurs a peu de chance d'avoir la représentativité suffisante pour imposer ses standards.

**Scénario 3 : création  
de plateforme(s) de  
services  
indépendantes**

**Héberger  
les données  
et informations**

**Fournir les  
outils logiciels**

Un dernier scénario est possible pour assurer la diffusion dans le secteur des infrastructures d'un travail collaboratif basé sur l'usage d'une MN. Il s'agit de l'émergence de plateformes indépendantes et collaboratives qui **fourniront à tous les acteurs les services nécessaires** à sa mise en œuvre.

Ces structures juridiques commerciales constitueront de nouveaux acteurs. Ils interviendront contractuellement pour l'acteur qui sera le mieux placé pour organiser le travail collaboratif (en général le maître d'ouvrage).

Ces plateformes pourront offrir, avec une **accessibilité Web** :

- Hébergement des données et d'informations.
- Outils logiciels.
- Mise à disposition des équipements.
- Services d'accompagnement.

Les données et informations concerneront, soit un patrimoine dans sa globalité et sa pérennité, soit un projet plus localisé et limité dans le temps.

La plateforme proposera :

- Constitution de la MN qui portera les informations et données.
- Gestion de la MN et le maintien de sa fiabilité, de son accessibilité et ceci en intégrant les évolutions technologiques à venir.
- Gestion des droits d'accès décidés par le propriétaire de la maquette.

Il s'agit bien sûr de fournir aux acteurs les logiciels d'utilisation de la MN pour :

- dépôt et extraction des données et informations,
- visualisations,
- gestion du cycle de vie (PLM).

La plateforme pourra également fournir les logiciels (ex. : en SaaS<sup>9</sup>) que la direction d'un projet aura décidé d'utiliser en standards (tel logiciel dans telle version) sur un projet.

<sup>9</sup> SaaS = Software as a Service. Concept consistant à proposer un abonnement à un logiciel plutôt que l'achat d'une licence. Ce concept prend la suite de celui du fournisseur de service d'application (« application service provider » - ASP) (Source : Wikipedia)

## D- Concernant le secteur des travaux publics

### D1- Pourquoi il est nécessaire de s'organiser (suite)

#### Scénario 3 : création de plateforme(s) de services indépendantes (suite)

#### **Mettre à disposition des équipements**

La plateforme mettra à disposition des équipements, en voici deux exemples.

Des **salles immersives de réalité virtuelle** sont difficilement amortissables sur un projet ou même pour un maître d'ouvrage. Celles-ci permettront aux acteurs de présenter en réalité virtuelle leur projet aux autres acteurs et surtout aux acteurs extérieurs (ex. : riverains). Elles pourront être soit **fixes** dans un local dédié, soit **nomades** pour être au plus près des auditoires.

Des **salles collaboratives** permettront aux acteurs directs du projet de travailler ensemble avec une visualisation en temps réel du projet (si besoin en 3D / réalité augmentée). Ces salles seront un outil de base pour les revues de projet.

#### **Fournir des services d'accompagnement**

Il s'agira de fournir les prestations d'accompagnement des services ci-dessus. En fonction des projets et des compétences propres de la plateforme, elles pourront être l'assistance à :

- la structuration du projet et donc de la MN,
- l'utilisation des outils logiciels proposés,
- l'utilisation des équipements mis à disposition.

#### **L'accessibilité par le Web**

Les volumes de données à échanger en temps réels sont très importants. Toutefois, les développements technologiques (actuels et prévus à 2/3 ans) permettent de penser que l'accès à la plateforme et les échanges entre acteurs se feront par le Web depuis le bureau de chacun des acteurs.

#### **Des plateformes similaires dans des secteurs industriels**

Dans d'autres secteurs, ces structures ont déjà vu le jour et sont **indépendantes**. Elles sont utilisées autant par les PME que par les grandes entreprises.

Citons par exemple la **plateforme PI3C** ([www.pi3c.com](http://www.pi3c.com)) qui a été soutenue par une collectivité locale (région Champagne Ardennes). Elle intervient pour le secteur de l'automobile, et se diversifie avec d'autres secteurs industriels. Son expérience serait utile pour le développement d'une plateforme dédiée aux infrastructures.

#### **Une plateforme analogue pour l'urbain**

Une autre plateforme fournissant les services listés ci-dessus est en cours de création pour l'urbain : URBACONCEPT. À l'initiative du pôle de compétitivité ADVANCITY, elle regroupera des :

- **ingénieries** porteuses du projet ;
- **académiques** apportant des solutions innovantes (ex. : données urbaines) ;
- **fournisseurs** de services urbains (ex. : réseaux d'énergie, de transports) ;
- **constructeurs** promoteurs des projets d'aménagement urbain ;
- **éditeurs de logiciels**.

Un **conseil d'orientation** permettra aux donneurs d'ordre de faire intégrer leurs attentes et besoins à la stratégie de développement de la plateforme.

URBACONCEPT proposera aussi :

- des **services de validation** des solutions en les testant sur des territoires expérimentaux.
- ses **territoires expérimentaux** pour de travaux pratiques aux écoles, organismes de formation ou entreprises.

Le *business model* envisagé conduit à une **rentabilité** immédiate de la structure.

#### **C'est la préconisation unanime de COMMUNIC**

Ce regroupement permettra de :

- **Mobiliser les financements** à l'échelle des enjeux.
- **Lier partenariats** et éditeurs pour **répartir** les **financements** de développement et les **coûts** de maintenance.

L'exemple d'URBACONCEPT devra être exploité pour regrouper tous les types de compétences et garantir l'**indépendance** de la structure à créer. Elle sera ainsi un **outil majeur** dans le développement du travail collaboratif basé sur une MN.



## D2- Évolution des rôles des acteurs

### Introduction : les acteurs

La MN va modifier en partie les rôles des acteurs ou parties prenantes. Si la MN facilite le travail collaboratif, l'implication des acteurs sera à la fois plus directe et plus renseignée.

Il s'agit donc de déterminer les **avantages** et les **inconvenients** que les acteurs peuvent retirer de la MN ou subir, ainsi que nos **recommandations**.

#### Acteur : définition

Acteur : toute personne, toute entité ou groupe de personne qui a un rôle dans le cycle de vie d'une infrastructure. Le projet COMMUNIC a distingué les acteurs :

- **directs**, utilisateurs permanents de la MN ;
- **indirects**, utilisateurs potentiels de long terme de la MN ;
- **influent**, non utilisateurs mais informés avec la MN.

Voir les détails dans le tableau suivant..

Catégorie	Acteurs majeurs	Rôle(s)
<b>Acteurs directs</b>	Concepteurs Constructeurs Exploitants Gestionnaire de MN	Maîtres d'ouvrage Ils ont la responsabilité directe dans la conception, la construction et/ou l'exploitation de l'infrastructure. Ils constituent une catégorie spécifique car leurs missions sont majeures et leurs interventions nécessitent des échanges nombreux d'informations.
<b>Acteurs indirects</b>	Consultants Financeurs Fournisseurs	Prestataires Sous-traitants Ils interviennent pour un des acteurs directs.
<b>Acteurs influents</b>	Administrations Associations Collectivités	Riverains Ils interviennent sur les infrastructures. Ils influencent la conception la construction ou l'exploitation de l'infrastructure.

### Acteurs directs

Les acteurs directs sont des **utilisateurs permanents** de la MN.

#### Bénéfices attendus

Ils utilisent directement la maquette pour la conception, la construction et/ou l'exploitation de l'infrastructure. Comme l'a montré le travail sur « valeurs et usages », ils en retirent a priori de **nombreux bénéfices**. Ils sont mieux informés et en temps réel sur :

- les coûts,
- l'avancement,
- les risques,
- les *clashes*,
- les désaccords du projet.

La MN donne une **vision holistique**<sup>10</sup> du projet. Elle sera donc pour les acteurs directs un **outil de synthèse** qui leur permettra de réaliser les évaluations nécessaires des impacts environnementaux, sociétaux et économiques.

Elle renforce la **capacité à simuler** les conséquences de ce qui est à approuver.

Enfin, elle leur permettra, par une **vision globale** de l'ouvrage, **explicite et partagée**, de dialoguer avec les acteurs non spécialistes notamment le client et les acteurs influents.

<sup>10</sup> Holisme : point de vue qui consiste à considérer les phénomènes comme des totalités.

## D- Concernant le secteur des travaux publics

### D2- Évolution des rôles des acteurs (suite)

#### Acteurs directs (suite)

**Contraintes** La MN sera un outil de compréhension et donc de contrôle y compris pour des acteurs novices mais influents. En cela, la maquette conduira les acteurs directs à développer des rôles d' « **interface vulgarisée** » afin que l'outil soit utilisé et compris par les parties prenantes pour les données explicites qu'il contient.

Le rôle des acteurs directs sera déterminant car ils « auront la main » sur la maquette. Ce sera donc à eux de créer les conditions de son utilisation pour les autres acteurs.

**Recommandations** Le secteur du TP devra organiser l'évolution du rôle chacun des acteurs directs. Des communications ciblées sur les acteurs directs devront être organisées. Des formations appropriées devront être proposées.

#### Acteurs indirects

Les acteurs indirects seront des **utilisateurs** de la MN.

##### **Bénéfices attendus**

Ils n'auront pas un accès direct à la MN à court terme. En revanche, via un acteur direct, ils pourront bénéficier de certains avantages fournis par la MN :

- **visualisation globale** du projet et compréhension des contraintes des autres acteurs ;
- **extraction de données** fiables, à date, pour leurs propres prestations avec les évaluations et simulations adaptées à leurs métiers.

L'évolution des technologies et la diffusion de l'usage de MN conduiront de plus en plus d'acteurs indirects à avoir accès à la MN.

##### **Contraintes**

Sans avoir accès à la MN, les acteurs indirects seront soumis aux **exigences** d'un travail collaboratif en temps réel et global. Ils devront :

- **Être informés** des règles mises en place.
- **Contribuer à la gestion** de la MN, ne serait-ce qu'en fournissant les données issues de leurs métiers.
- **Disposer des ressources** humaines et numériques pour travailler avec les acteurs directs et, le cas échéant, avec les acteurs influents.

##### **Recommandations**

Le secteur des TP devra donc organiser la diffusion des méthodes et outils de communication auprès des acteurs indirects et des communications ciblées sur les acteurs indirects.

Cette diffusion est sans doute délicate à réaliser car ces acteurs sont divers et nombreux. Il faudra les motiver car les bénéfices qu'ils en retireront, seront partiels à court terme et ne deviendront majeurs qu'à terme, lorsqu'ils auront un accès direct.

#### Acteurs influents

Les acteurs influents **n'utilisent pas la MN** en tant que telle mais sont informés et convaincus grâce à elle.

##### **Bénéfices attendus**

Ils pourront demander, voire exiger, que la MN soit utilisée comme un outil d'information, de suivi ou de contrôle.

L'usage de la MN leur permettra de représenter les phénomènes de manière explicite et donc de mieux **comprendre le projet et son environnement**. Par exemple, les phasages ou les impacts environnementaux pourront leur être présentés par des **simulations**.

##### **Contraintes**

En revanche, il leur sera difficile de faire, au vue d'une MN, une **juste appréciation** de ce qui est définitivement choisi dans tout ce qui est vu.

À titre d'exemple, lors de la présentation publique de l'implantation d'un ouvrage de rétablissement, les garde-corps de l'ouvrage auront une couleur. Celle-ci n'engage évidemment pas les acteurs directs car le choix de la couleur n'est pas l'objet de la réunion. Ce risque doit être connu et il faudra savoir mettre en garde les acteurs influents : les spectateurs auditeurs.

Un autre risque pour les acteurs influents, est de considérer qu'avec un tel outil, tout est possible. Ils devront apprendre à restreindre leurs demandes pour que les projets restent gérables (mission d'éducation à assumer par les acteurs directs).

##### **Recommandations**

Le secteur des TP va devoir éduquer les acteurs influents à l'**interprétation** d'une MN. Il faudra expliquer les **possibilités** qui sont liées à cet outil, et aussi les **limites** et les **usages**.

Il faudra donc faire des efforts très substantiels de **communication**.



## D3- Réglementation et législation

### Le contexte actuel

#### **Cadre législatif et réglementaire basé sur un triptyque...**

Le cadre législatif et réglementaire actuel est essentiellement basé sur le triptyque constitué par le :

- **Maître d'ouvrage** qui fixe le cahier des charges de l'ouvrage à construire, qui conduit la réalisation du projet, le valide et qui passe des contrats avec un maître d'œuvre et des entrepreneurs. De plus, il est souvent lui-même **l'exploitant** de l'infrastructure.
- **Maître d'œuvre** qui assure la conception de l'ouvrage puis dirige l'exécution des contrats de travaux.
- **Constructeur** qui réalise les travaux de construction,

Les contrats des projets s'appuient sur ce cadre législatif et réglementaire.

#### **... et décliné dans de nombreux documents**

Sans vouloir être exhaustif, on peut citer :

- Code des marchés publics.
- loi MOP,
- textes réglementaires : décrets, arrêtés, circulaires, directives.

#### **Autres schémas contractuels**

Afin de mieux **responsabiliser** les acteurs et de créer des synergies collaboratives entre eux, d'autres schémas contractuels se sont fortement développés depuis quelques années. Il s'agit (avec des formes variables) des :

- concessions,
- partenariats publics privés,
- conceptions constructions.

Ces schémas ont fait bouger les frontières entre les acteurs de base. Par exemple, en conception construction, la responsabilité du Maître d'œuvre et celle du constructeur font l'objet d'un contrat unique.

Ces schémas ont permis un premier développement de **travail collaboratif par une ingénierie concourante**.

#### **Jurisprudence**

Les acteurs du secteur ont acquis une connaissance des rôles et responsabilités de chacun, non seulement par les textes, mais surtout par la jurisprudence qui les complète. Cette jurisprudence est **encore faible** sur les nouveaux schémas contractuels et il faudra fonctionner sans elle pour les évolutions à venir.

La jurisprudence n'est pas encore bien établie en matière d'ingénierie concourante. Les attributions des uns et des autres dépendent de l'opération et des capacités et moyens des acteurs pour la mener.

### Faire reconnaître le travail collaboratif et l'ingénierie concourante

Le travail collaboratif de tous les acteurs autour de la MN tel qu'il est envisagé par COMMUNIC va encore plus loin. Tout ne pourra pas être précisé par les contrats des projets ; **une mise à jour du cadre législatif et réglementaire s'impose**.

#### **Code des marchés publics**

Vouloir mobiliser l'ensemble des acteurs sur le même objectif d'optimisation du projet (et non de leurs propres contrats) n'est pas facile avec le code actuel.

Lorsqu'un seul contrat est passé pour la conception, la construction, l'exploitation et le financement du projet, il n'y a pas de problème. En revanche lorsque la réalisation du projet se traduit par **plusieurs contrats**, il se pose un **problème de répartition** des risques, des gains et des pertes globales du projet.

## D- Concernant le secteur des travaux publics

### D3- Réglementation et législation (suite)

Faire reconnaître le travail collaboratif et l'ingénierie concourante (suite)

**Loi MOP** Les missions élémentaires définies dans la loi MOP sont adaptées à une **réalisation séquentielle** avec comme acteurs le triptyque vu ci-dessus. En revanche, cette loi s'adapte mal à une ingénierie intégrée mise en œuvre en ingénierie concourante.

Les missions d'ingénierie intégrée (concepteur, constructeur, exploitant) seraient plutôt à structurer comme suit :

Mission	Contenu
<b>Ingénierie de conception</b>	Études de conception classiques. Études techniques liées aux autorisations administratives, par exemple : foncier, loi sur l'eau, etc.
<b>Ingénierie de réalisation</b>	Études d'exécution. Méthodes d'exécution. Assistance technique pendant la réalisation des travaux, pour la résolution des problèmes techniques spécifiques et l'adaptation du projet aux réalités fines du terrain.
<b>Contrôle des travaux</b>	Mission VISA des documents d'exécution pour la conformité au projet. Organisation du contrôle de la qualité. Participation aux opérations de réception.

**Textes réglementaires** Dans les futurs schémas contractuels, les objectifs des programmes devront être **partagés** par tous les acteurs :

- performance de l'infrastructure,
- respect du programme,
- niveau de service,
- sécurité,
- optimisation des coûts,
- réduction des délais.

Cette évolution doit guider les mises à jour des textes réglementaires. Il faut repartir des finalités de chaque étape en intégrant le fait que tous les acteurs travaillent ensemble. La maîtrise des risques **d'anticipation** doit être un objectif des textes réglementaires.

Les **CCAG**<sup>11</sup> n'envisagent pas le regroupement des rôles et responsabilités du Maître d'œuvre et de l'entrepreneur dans une même entité juridique.

Les **directives** définissant les phases d'étude, les compositions de dossiers, les processus de validation (succession APD, PRO, EXE<sup>12</sup> par exemple) ne sont **pas adaptées** en ingénierie concourante.

L'approche est différente dans les infrastructures routières et dans les infrastructures ferroviaires (du fait de l'importance des équipements ferroviaires dans les processus de conception).

<sup>11</sup> CCAG = cahier des clauses administratives générales

<sup>12</sup> APD = Avant-projet définitif ; PRO = étude de projet ; EXE = étude de projet d'exécution.

## Faire reconnaître l'usage de la MN

### **Rôle et responsabilité du gestionnaire de la MN**

Le gestionnaire de la MN sera un acteur important. Les autres acteurs devront avoir confiance en sa neutralité, sa fiabilité, sa garantie de confidentialité. Sa défaillance pourra compromettre le succès d'un projet. Il convient donc de définir de manière officielle son rôle et sa responsabilité. Pour cela, on pourra s'inspirer de la mise en place, il y a quelques années, des **conseillers en prévention et sécurité**.

### **Le travail collaboratif avec MN comme critère de sélection**

Imposer l'usage de la MN à tous les acteurs d'un projet sera complexe. Il faudra pouvoir sélectionner les candidats pour les différents marchés publics de conception ou de construction sur leur aptitude à travailler en collaboratif avec une MN. Cette capacité sera donc un **critère de sélection** et ensuite **de jugement**. La façon de prendre en compte ce critère devra être précisée dans les textes réglementaires. Ce sera particulièrement critique dans la phase de transition de quelques années où la MN sera utilisée par un nombre limité d'acteurs.

### **Dématérialisation des échanges par la MN**

Ces dernières années, nous avons vécu la dématérialisation des échanges pour passer du support papier au support informatique (pratiquement en PDF).

Le passage à la MN est une **étape supplémentaire**. Il s'agira d'abandonner la représentation du projet par des plans et textes pour passer à **une maquette 3D** composée d'objet portant des informations. Il faudra avoir des standards de représentation, des outils performants de gestion des droits et des signatures.

Ensuite le processus de diffusion et d'appropriation pourra s'inspirer de celui que nous venons de vivre.

### **Processus de validation d'un projet avec la MN**

La profession a l'habitude de valider et d'approuver les projets par des plans 2D et des pièces écrites.

Valider un projet par une MN est un changement important à la fois par la **nature** de ce qu'on valide que par la **façon de l'enregistrer**. Ce changement de processus devra donc être traduit dans des textes réglementaires.

## Recommandations

Les acteurs du secteur doivent **travailler ensemble** sur la mise à jour des documents généraux contractuels relatifs aux infrastructures. Cela permettra d'intégrer les évolutions en cours tant en matière d'ingénierie concurrente que vis-à-vis de la MN.

Parmi ces acteurs, il y aura par exemple des :

- administrations,
- collectivités territoriales,
- grands maîtres d'ouvrage,
- constructeurs,
- ingénieries, architectes, urbanistes.

## D4- Stratégies de standardisation

### Typologie des stratégies de construction d'un standard

COMMUNIC a développé une **stratégie originale de construction** d'un standard. Elle est positionnée dans le tableau ci-dessous, au sein de quatre **stratégies** de construction de standard issues du croisement de deux critères :

- le degré de collaboration entre les entreprises,
- l'origine des ressources.

		Origine des ressources	
		Endogène	Exogène
D° de collaboration entre entreprises	Faible	<b>Stratégie endogène</b> Ex. : Dassault (Systèmes et Aviation)	<b>Stratégie d'acquisition</b> Ex. : Renault, Airbus
	Fort	<b>Stratégie de co-développement</b> Ex. : <i>Blue-Ray disc Association</i>	<b>Stratégie de prescription</b> Ex. : COMMUNIC

Ce tableau a pris en compte le cas de COMMUNIC et celui des entreprises analysées dans le cadre du *benchmarking* : Dassault Systèmes et Dassault Aviation, Renault, les chantiers navals Aker Yards et Airbus.

#### Terminologie

La standardisation est le résultat d'une approche de convergence des industriels, la normalisation est le fait des organismes de normalisation (exemple : ISO, IEEE).

#### Degré de collaboration entre les entreprises

Le critère "degré de collaboration entre les entreprises" se définit par l'alternative :

- agir seul / agir à plusieurs,
- développement interne du standard / stratégie d'alliance.

Le secteur des TP est profondément caractérisé par des relations anciennes et structurées de coopération<sup>13</sup>. Les grandes firmes de ce secteur ont l'habitude de travailler ensemble sur les chantiers et dans le cadre des groupements d'affaire qu'elles constituent pour répondre aux appels d'offre.

Cette caractéristique rend le secteur plus apte que d'autres à **se coordonner** sur des sujets d'intérêts généraux et donc à **s'allier**.

#### Origine des ressources

Le critère "origine des ressources" distingue les ressources :

- **endogènes** : propres aux entreprises,
- **exogènes** : acquises sur le marché.

Cette perspective de mobiliser des ressources exogènes revient à considérer le **degré de collaboration** qui s'établit entre les entreprises futures utilisatrices du standard et celles qui ont la capacité de développer la technologie du standard. Ces dernières peuvent se situer loin du cœur de métier des entreprises utilisatrices.

La littérature sur les standards ne semble pas considérer cette distance. Elle fait l'hypothèse que les entreprises qui développent un standard détiennent, seules ou à plusieurs, les ressources nécessaires pour le réaliser. Le cas de COMMUNIC montre que les entreprises et les ingénieries des TP **ne détiennent pas** les ressources informatiques qui leur permettraient de développer un standard de MN pour leur profession.

#### Quatre stratégies de construction de standard

Ainsi, quatre stratégies de développement de standards émergent:

- Une entreprise peut très bien **rechercher seule un standard** en mobilisant ses propres ressources.
- Une entreprise peut **mobiliser ses propres ressources** en les associant à celle d'entreprises partenaires.
- Une entreprise peut **acquérir un standard développé** par des ressources exogènes c'est-à-dire des entreprises tiers.
- Une **alliance d'entreprises** peut se constituer pour prescrire à des ressources exogènes le développement d'un standard.

<sup>13</sup> Mot-valise composé de la combinaison de **compétition** et **coopération**.

#### Stratégie endogène

La stratégie endogène consiste à développer la solution (futur standard) pour soi-même. Elle suppose de détenir les ressources et les compétences adéquates.

La stratégie endogène a été observée au début de l'histoire de la MN avec le développement du logiciel CATIA par la société Dassault. C'est un logiciel de CAO, aujourd'hui référence mondiale de la MN dans les industries comme l'automobile ou l'aéronautique. Voyons ici ce cas que nous avons analysé dans le cadre du *benchmarking*.

#### **D'abord un développement interne**

Il fut au départ créé par la société Dassault Aviation pour ses propres besoins. La compagnie Dassault Systèmes a été créée en 1981 pour assurer le développement et la maintenance du logiciel, IBM en assurant la commercialisation interne Dassault. Dans un deuxième temps, après avoir utilisé et testé l'outil pour elle-même, Dassault Aviation a mis sa solution sur le marché.

#### **Un premier client externe**

Le premier client externe de CATIA fut Boeing pour lequel Dassault Systèmes a adapté son outil et délégué des ingénieurs résidents. La stratégie endogène devient exogène (pour Boeing).

#### **Diffusion, crédibilité et enfin émergence d'un standard**

En diffusant l'outil auprès d'entreprises importantes, la technologie se crédibilise et devient au fur et à mesure de sa diffusion le standard de la conception numérique.

Ainsi, la solution endogène du pionnier se diffuse et devient alors un standard par les performances que lui reconnaissent les premiers utilisateurs. Les firmes qui utilisent la technologie après le pionnier sont quant à elles dans une stratégie d'acquisition.

#### Stratégie d'acquisition

La stratégie d'acquisition consiste pour une entreprise à acquérir un standard existant **pour son propre compte**.

Cette stratégie est étudiée dans la littérature dans le cadre des **batailles de standards**. L'enjeu pour les entreprises :

- utilisatrices : acquérir le « bon » standard ;
- développeuses : imposer leur solution (ex. : *VHS vs. Betamax*).

#### **Bénéficiaire d'un standard existant**

On ne peut donc pas parler ici de construction de standard mais du bénéfice d'un standard déjà construit (par d'autres).

#### **Utiliser l'effet réseau**

La technologie ainsi acquise est soit déjà un standard et la firme l'acquiert parce qu'elle lui apporte des performances nouvelles ; soit la technologie deviendra progressivement un standard parce que des firmes l'achètent, la valident et la diffusent (externalités positives de réseau).

Dans le cas de la MN, les industries automobiles (ex. : Renault) ou aéronautiques (ex. : Airbus et Boeing) relèvent de cette stratégie. Ils ont opté pour CATIA de Dassault Systèmes et l'ont imposé à l'ensemble de leurs fournisseurs.

#### **Connaître avant d'acquérir**

Cette stratégie suppose que l'entreprise utilisatrice soit capable de définir ce dont elle a besoin, c'est-à-dire les usages qu'elle fera de l'outil.

On n'acquiert pas un outil sans une compréhension *ex ante* des usages qu'on en aura. De ce point de vue, les entreprises des TP, qui ont attentivement analysé CATIA, ont considéré que les solutions de ce logiciel ne correspondaient pas à leurs besoins. Elles ne feront pas l'acquisition de ce standard là.

#### **Situation de dépendance**

Une fois la technologie acquise, cette stratégie met la firme utilisatrice de l'outil en situation de **dépendance** vis-à-vis des éditeurs de solutions. Dans le cas d'un éditeur en situation de monopole le *lock in* (verrouillage) devient alors total. D'ailleurs, les clients de CATIA dépendent totalement de Dassault Systèmes pour des adaptations et des mises à jour de l'outil.

Conscients de ce risque, les industriels des TP suivront une stratégie différente.



## Stratégie de co-développement

La stratégie de co-développement consiste pour plusieurs entreprises à développer ensemble le standard. Autrement dit, plusieurs entreprises associent leurs ressources pour construire un standard. **C'est la stratégie qui domine la littérature.**

Nous ne connaissons pas de cas de MN correspondant à cette stratégie. Nous expliquons en détail ci-dessous pourquoi cette stratégie ne peut pas fonctionner pour COMMUNIC.

### Co-développer suppose de partager des ressources...

La stratégie de co-développement repose sur l'hypothèse implicite, qu'à l'instar de la *Blue-ray Disc Association*, les entreprises partenaires partagent des ressources et des compétences sur le standard lui-même. Autrement dit, ces entreprises **détiennent chacune des ressources** (ici en haute technologie) correspondant précisément à la nature du standard à développer.

La stratégie de co-développement lie de manière indissociable les ressources de la firme et l'objet à co-développer. Cette stratégie ne se comprend pas en dehors de cette relation. On ne peut donc dissocier les ressources détenues par les entreprises et la stratégie de construction de standard qu'elles adoptent.

### ... mais les entreprises des TP n'ont pas de compétences d'édition de logiciel ...

La littérature connue de nous ne prend pas en compte le cas des standards « hors métier ».

Bien entendu, concevoir les usages de la maquette et l'organisation dans laquelle elle se déploiera nécessite de connaître l'activité et peut être réalisé seulement par la profession. En revanche, la développer relève d'un métier d'édition de logiciel conception informatique qui est hors métier TP.

Cette stratégie n'est donc pas plausible dans le cas de COMMUNIC à cause de la dimension informatique de la MN. Elle supposerait que les firmes qui coopèrent disposent des ressources informatiques nécessaires.

Dans le secteur des TP francophone, Bouygues TP est l'une des rares entreprises à avoir une véritable et ancienne tradition informatique. Elle ne lui permet pas, néanmoins, de contribuer au développement d'une MN.

### ... et aucun secteur n'a réalisé son propre SAP

D'ailleurs, pour poursuivre dans cette argumentation, aucun groupement d'entreprises n'a aujourd'hui développé pour son propre compte l'équivalent de SAP<sup>14</sup> pour intégrer ses systèmes d'informations.

## Stratégie de prescription

Nous arrivons donc ici à la quatrième stratégie, celle que nous préconisons pour COMMUNIC. Voyons-en les principales caractéristiques.

### Une alliance de plusieurs entreprises

La stratégie de prescription implique **l'alliance de plusieurs entreprises** qui, isolément ne pèsent pas assez économiquement, et qui ne sont pas non plus capables de développer la technologie pour elles-mêmes ou en co-développement.

### Un double objectif

Cette stratégie poursuit un double objectif :

- constituer un **répertoire de connaissances** partagées sur le futur standard ;
- créer un **rapport de force** vis-à-vis des développeurs de solutions technologiques.

Dans le cas de COMMUNIC, ces connaissances portent à la fois sur les **objets** qui seront développés et manipulés dans la MN, et sur les **processus** de l'activité (du début à la fin de la chaîne de valeur).

<sup>14</sup> SAP = progiciel intégré de gestion d'entreprise développé par la société allemande SAP

## D- Concernant le secteur des travaux publics

### D4- Stratégies de standardisation (suite)

#### Stratégie de prescription (suite)

#### **Une alliance inter-secteurs ?**

Les chantiers navals que nous avons rencontrés dans le cadre du *benchmarking* vont jusqu'à suggérer une alliance inter-secteurs. Ils partagent avec les TP des caractéristiques proches en termes de conception et de réalisation des ouvrages unitaires.

La prescription de deux gros secteurs d'activités peut intéresser un gros éditeur de logiciel pour qui, a priori, les TP ne représenteraient pas un assez gros débouché.

#### **Un processus d'apprentissage collectif orienté sur la capacité à prescrire**

La stratégie de prescription est bien un processus d'apprentissage collectif d'entreprises non compétentes. Elles deviennent progressivement capables, non pas de développer la technologie elles-mêmes, mais de **prescrire et spécifier** les fonctions attendues de l'outil à des firmes expertes.

Après coup, cette stratégie facilite la diffusion du standard car ses usages sur la chaîne de valeur ont été anticipés.

#### **C'est bien le cas de COMMUNIC**

Le projet COMMUNIC est bien une réflexion stratégique commune d'un secteur d'activité afin de construire un cahier des charges partagé en vue d'adresser une prescription de standard à des éditeurs de solutions technologiques.

### En résumé...

#### **Les conditions de réalisation de ces stratégies**

Cette typologie nous renvoie aux conditions de réalisation des stratégies.

Elles ne sont pas toutes possibles en soi mais **dépendantes de conditions**, liées notamment aux ressources détenues par les entreprises sur la technologie du standard (cf. tableau ci-après).

Stratégie de construction des standards	Condition de mise en œuvre de la stratégie
<b>Endogène</b>	Ressources et compétences en propre
<b>Acquisition</b>	Standard existant et expression fonctionnelle des besoins
<b>Co-développement</b>	Alliance de ressources et compétences
<b>Prescription</b>	Alliance de prescription

#### **La seule voie, celle de la prescription**

Pour COMMUNIC, il n'existe pas de solution disponible sur le marché (acquisition). Les entreprises n'ont pas de ressources propres (endogène) ou partageables (co-développement) sur la technologie de MN.

Il ne reste donc qu'une voie, celle de la **prescription**.

## D5 – La standardisation appliquée à COMMUNIC

### Standardisation des objets et de leurs attributs

#### **C'est la mission des acteurs directs...**

La standardisation des objets nécessaires pour les infrastructures et de leur sémantique (les attributs les caractérisant) est l'affaire du secteur de la construction, et non pas celle des éditeurs de logiciels.

Il est évident que les **acteurs directs** doivent être les prescripteurs de cette standardisation afin de ne pas se voir imposer un format non conforme ou non compatible avec les exigences en matière d'interopérabilité. Ils doivent **s'impliquer** pour son émergence.

#### **... an associant les éditeurs de logiciel**

Bien sûr, il faut suivre les **principes connus** pour la modélisation des données, comme par exemple l'unité des noms ou la non redondance des attributs pour éviter les incohérences. De plus, il faut s'appuyer sur un **format** reconnu et déjà maîtrisé par les éditeurs de logiciels (de type IFC ou STEP par exemple).

#### **Des enjeux spécifiques**

Avec l'émergence de la réglementation européenne, il est probable qu'à terme nous devons fournir un **étiquetage environnemental** des ouvrages construits. Celui-ci fera appel aux attributs des objets pour analyser son cycle de vie. Leur normalisation sera alors pratiquement incontournable.

De même, le développement d'une **démarche performancielle** pourra conduire à standardiser le niveau de performance des objets et en faire un attribut généralisé à tous les métiers.

#### **La conception du modèle de données COMMUNIC**

Les principes qui doivent guider cette standardisation résultent des usages attendus, du schéma d'architecture et du modèle de données tels qu'ils sont décrits dans les autres livrables.

Au delà des principes établis pour la création d'un modèle de données, il est important de souligner quelques spécificités liées à notre problématique :

- Attributs de caractéristiques dimensionnelles uniquement au sein d'objets manufacturés (glissière de sécurité, tube ou profilé découpé à la demande).
- Concernant un objet fabriqué en place et qui doit donc s'adapter au contexte, la compatibilité entre la valeur attributaire indiquant la dimension de l'objet et la valeur mesurée directement sur la maquette est difficilement maîtrisable. Il doit y avoir cohérence parfaite entre ces 2 valeurs.

La responsabilité d'un objet est associée à un attribut « propriétaire de la donnée ». Il est hors de question d'avoir plus d'un propriétaire à chaque valeur. Un objet ne doit donc pas contenir des attributs qui ne sont pas à la charge du propriétaire de l'objet. Si c'est le cas, il faut créer un sous-objet, lié à l'objet maître, et qui lui-même possède un attribut de responsabilité.

#### **Recommandations**

En matière de standardisation, le secteur doit organiser un ou des groupes de travail avec les :

- acteurs directs,
- institutions réglementaires officielles (par exemple le SETRA),
- éditeurs de logiciels,

pour mettre au point les standards qui **répondent aux besoins** de la profession.

Une **participation** aux communautés et groupes de travail normatifs existants, tels que *BuildingSmart*, doit être envisagée.

---

#### Standardisation des supports de communication par la MN

La MN doit permettre le **partage** et l'**échange** d'informations entre de nombreux acteurs, pour un projet de meilleure qualité. C'est donc entre autre, un outil de communication qui doit permettre à chaque acteur de comprendre le projet.

Mais les acteurs sont très différents, chacun ayant sa propre motivation à comprendre le projet. De plus leurs compétences techniques sont très variables.

#### **Garantir une interprétation correcte, créer la confiance...**

Le challenge est d'adapter la visualisation présentée de la MN à chaque spectateur. Ceci n'est pas possible vu la diversité des spectateurs. Il faut néanmoins s'assurer que le spectateur :

- a **correctement interprété** ce qu'il a vu,
- a **confiance** en ce qui lui est présenté.

#### **... pour tous les acteurs concernés...**

Cette compréhension est d'abord nécessaire entre les **acteurs directs**. Ils connaissent les infrastructures et chacun a sa spécialité. Le travail collaboratif nécessite qu'il comprenne la conception des autres.

Elle l'est aussi avec les **acteurs indirects** ou **influençables** qu'il faut convaincre. Ils ne sont pas spécialistes des métiers de l'infrastructure : administrations pour validation, élus, riverains, financiers,

#### **... par une standardisation des représentations et des contenus**

Il s'avère donc nécessaire que certaines règles et conventions soient standardisées ; elles concernent :

- les représentations,
- les contenus.

#### Standardiser les représentations

##### ■ Rappel : objectifs et contenu de la norme 2D

Le dessin du projet 2D tel qu'il est pratiqué actuellement répond aux exigences de la norme NF-P02-001, qui fixe notamment :

- types et épaisseurs de traits,
- terminologie,
- vues,
- coupes et sections,
- représentations particulières pour les intersections,
- parties situées en avant du plan de coupes,
- dessin des coffrages.

Le préambule de la norme rappelle notamment que son objectif est de « *faciliter les échanges internationaux dans lesquels des dessins interviennent, et d'assurer la cohérence de ceux-ci avec ceux d'autres branches d'activité* ».

##### ■ La nécessité de conventions pour la 3D

Ces conventions deviennent caduques avec la représentation en 3D et en objet que fournit la MN. En revanche, il faudrait définir d'autres conventions qui permettent par exemple de :

- Comprendre si les objets vus sont schématisés pour leur fonctionnalité ou si leur représentation est réaliste et correspondra donc à la réalité future.
- Traduire les incertitudes qui persistent en conception ou en dimensionnement.
- Traduire les hypothèses qui sous-tendent les informations affichées.

Suivant leur contenu, ces conventions pourraient faire l'objet d'une **norme**.

#### Spécifier les contenus

La définition du contenu nécessaire à la bonne utilisation et compréhension de la MN à tous les stades du projet est encore plus primordiale.

##### ■ Exemples de standardisation dans le bâtiment

Dans le domaine du bâtiment, plusieurs pays ont commencé à écrire un standard définissant le type de données à modéliser en fonction de l'étape du projet.

On retiendra tout spécialement le **travail de VTT**<sup>15</sup> qui a établi en 2007 pour l'entreprise publique *Senate Properties* des « *BIM requirements* » en 9 volumes. L'objectif du document est de définir les « *requirements for the information content and modelling conventions in Structural BIMs* ».

On y trouve, par champ d'activité (architecture, Structure, MEP, assurance qualité, métré), la liste des objets à modéliser ou non, sous forme d'objet en fonction du stade du projet. Par exemple, en « *preliminary design* », on ne modélisera pas dans la maquette Structure, l'isolation thermique ou l'étanchéité. Des informations à leur sujet seront cependant indiquées dans la description des objets structurels.

Dans cette lignée, on mentionnera l'**approche américaine du COBIE**<sup>16</sup> faisant partie du *U.S. National Building Information Model Standard*.

L'établissement des conventions est tourné exclusivement vers la synthèse entre les différents corps d'état (« *spatial coordination and conflict détection* »). On y spécifie les éléments à définir en fonction de la synthèse qui sera effectuée (Architecture / Structure, Équipements médicaux / CET<sup>17</sup> / Architecture / Structure, Architecture / Clim / CES).

<sup>15</sup> Centre de recherche scientifique finlandais, qui s'intéresse à la gestion de l'information et des processus dans le domaine de la construction.

<sup>16</sup> COBIE = *Construction Operations Building Information Exchange*

<sup>17</sup> CET : Corps d'état techniques. CES : Corps d'état secondaires

	L2 : Recommandations de mise en œuvre de la maquette numérique	Page 79 sur 93
	Livrables	Version du 10/12/2010

## D- Concernant le secteur des travaux publics

### D5 – La standardisation appliquée à COMMUNIC (suite)

#### Standardisation des supports de communication par la MN (suite)

Spécifier les contenus (suite)

#### ■ Transposition aux infrastructures

Cette approche, qui se définit en nombre d'objets, n'est finalement pas si éloignée de la pratique actuelle qui définit pour les missions APS, AVP, DCE le nombre de plans, les échelles, les coupes et détails à produire.

Dans le domaine des **infrastructures linéaires**, on pourrait se focaliser sur une standardisation du contenu nécessaire minimum pour décrire les objets situés à l'interface entre plusieurs acteurs.

En corollaire, seraient précisés les champs à renseigner dans l'export de type IFC. Aujourd'hui, beaucoup de logiciels proposent un export IFC sans être capables de renseigner la moitié des attributs.

#### **Garantir la complétude et la cohérence**

La complétude et la cohérence d'une MN (présentée en particulier aux acteurs influents) sont **fondamentales** pour la confiance. Il faudrait normaliser le mode d'information du spectateur sur les objets non visibles et sur les incohérences connues.

#### **Recommandations**

Pour assurer la crédibilité et donc l'usage de la MN, le secteur des TP doit participer à la **définition de standards** concernant sa visualisation.

Certains de ces standards pourront être définis en fonction du type d'infrastructures (LGV, tramway, canaux, etc.) et faire l'objet d'autant de **guides spécifiques**. Le guide serait alors :

- considéré comme une **référence** dans les contrats d'appel d'offres,
- complété par le **maître d'ouvrage** en fonction des spécificités de son projet ; cette disposition l'encouragerait d'ailleurs à s'approprier la MN.

## Certifications

Le modèle que nous avons décrit pour développer le travail collaboratif avec une MN va **modifier** l'importance de certains outils et la responsabilité de certains acteurs.

Le fait de partager les données avant qu'elles soient figées, validées ou approuvées obligera les différents acteurs utilisateurs à avoir confiance dans la fiabilité de ces données. Cette fiabilité dépend d'une part des outils utilisés et d'autre part de la compétence et du savoir faire des acteurs.

Nous pensons que cet enjeu conduira au **développement des certifications** de ces éléments clés.

	Garantie du respect d'un référentiel défini	Caractéristique
Labellisations	par un organisme	Plus facile à mettre en place à court terme.
Certifications	nationalement ou internationalement par une norme	<b>Plus adéquat</b> pour l'usage international de la MN.

Il y a plusieurs types de certifications qui sont fonction des méthodes employées pour les obtenir :

- par un tiers,
- par jeu de données,
- par croisement.

Il reste à choisir le type le plus adapté.



## D- Concernant le secteur des travaux publics

### D5 – La standardisation appliquée à COMMUNIC (suite)

Certifications (suite)

#### **Logiciels métiers et Logiciels de MN**

Il conviendra de certifier que les respectent les référentiels relatifs :

Logiciels	Respect des référentiels
Logiciels métiers	Standards pour les données déposées dans la MN. Interopérabilité.
Logiciels de gestion des données	Mise à jour des données. Contrôle des accès aux données. Protection des propriétés intellectuelles de chaque acteur.

#### **Gestionnaires de MN**

Une certification individuelle des gestionnaires de MN (nouveau métier en développement) sera de nature à garantir la **qualité** de la mission.

#### **Certificats de sécurité propres à certains projets**

Les certificats évoqués ci-dessus ne dispenseront pas de l'**obtention complémentaire** des certificats demandés pour certains projets en matière de sécurité. Les objectifs sont différents et les processus à mettre en œuvre pourront être indépendants.

#### **Recommandations**

Le secteur des TP doit s'organiser pour mettre en place les **processus de certification** listés ci-dessus.

Gestionnaire de MN	Logiciels
S'inspirer des certifications des gestionnaires de projet ou des directeurs de projets telles qu'elles sont délivrées par l'AFITEP <sup>18</sup> actuellement.	S'appuyer sur les organismes certificateurs de logiciels existants, mais qui ne travaillent pas actuellement sur les logiciels utilisés pour les infrastructures.
Établir au préalable les référentiels de ces certifications.	

<sup>18</sup> AFITEP : Association francophone de management de projet

Page laissée blanche intentionnellement

**E – Concernant les méthodes de conduite du changement**

<b>Introduction : vers une nouvelle façon de travailler.....</b>	<b>84</b>
<b>La conduite du changement... ..</b>	<b>84</b>
<b>... une démarche progressive et structurée .....</b>	<b>84</b>
<b>Vers une nouvelle façon de travailler .....</b>	<b>84</b>
<b>E1- Proposition de méthode .....</b>	<b>85</b>
<b>Les niveaux d'organisation .....</b>	<b>85</b>
<b>Phase d'analyse .....</b>	<b>87</b>
<b>Phase de mise en œuvre.....</b>	<b>89</b>
<b>Opérer le changement.....</b>	<b>90</b>
<b>Définir une stratégie RH.....</b>	<b>91</b>
<b>E2- Autres conseils pratiques.....</b>	<b>92</b>
<b>Le changement vu sous l'angle de l'organisation humaine .....</b>	<b>92</b>
<b>Quatre idées majeures .....</b>	<b>92</b>

## Introduction : vers une nouvelle façon de travailler

---

### La conduite du changement...

La notion de conduite du changement est appliquée dans ce chapitre à la gestion de la **transition** de l'utilisation des **plans 2D** gérés par une GED, à l'utilisation d'une **MN** collaborative partagée.

---

### ... une démarche progressive et structurée

Les chapitres précédents ont expliqué les **processus** de conduite du changement qui doivent être mis en œuvre pour adopter cette nouvelle façon de concevoir et de réaliser des projets d'infrastructures.

Cette démarche doit être progressive et structurée, afin de :

- **ne pas mettre en péril** la conduite des projets en cours,
- **ne pas remettre en cause** brutalement les processus parfaitement maîtrisés qui permettent aujourd'hui de réaliser des projets complexes,
- **faire participer** graduellement tous les acteurs impliqués dans ce nouvel environnement de travail collaboratif.

### *L'entreprise et le projet*

Elle passe d'abord par l'entreprise afin que celle-ci soit organisée et opérationnelle au moment où le projet commence.

Il impacte aussi le projet. En effet, chaque projet d'infrastructure est spécifique et rassemble des acteurs issus d'organisations différentes qu'il faut orchestrer vers un objectif commun.

---

### Vers une nouvelle façon de travailler

Nous proposons donc ci-après un cadre de travail, un **guide organisationnel pragmatique et itératif** afin de franchir les étapes pas à pas, pour aller vers une adoption complète et intégrée de cette nouvelle façon de travailler.



## E1- Proposition de méthode

### Les niveaux d'organisation

Comme nous avons pu le constater tout au long de nos réflexions, l'utilisation de MN collaboratives n'est pas qu'une **affaire de technologie**. C'est avant tout une **affaire de processus** qui touchent à la fois l'entreprise et le métier même de la construction.

Afin de bien définir la conduite du changement sous tous ses aspects, il est recommandé de structurer la réflexion à partir de ce triangle qui résume les niveaux organisationnels :

Le triangle propose un découpage portant sur :

- les **outils informatiques**,
- Les nouvelles **méthodes** d'utilisation des outils,
- Les **processus** de l'entreprise et du projet,
- la **savoir-faire**,
- le **métier** de la construction.

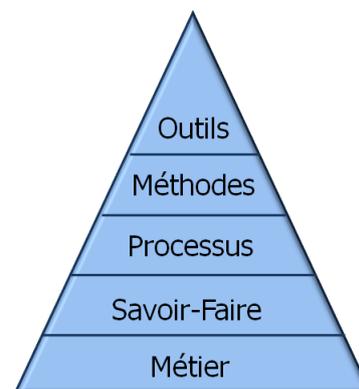


Figure E1 -1 : Triangle organisationnel

#### **Les outils informatiques, nécessaires, mais pas suffisants**

Les outils informatiques constituent la partie émergée de l'iceberg, niveau sur lequel tous les :

- **éditeurs de logiciels** nous proposent leur technologie,
- **acteurs** se concentrent aujourd'hui.

Tous pensent qu'en adaptant le bon outil de modélisation ou de simulation, ils sauront faire du travail collaboratif (du « BIM »).

Malheureusement, cette couche « outils » n'est pas suffisante, car elle peut permettre de faire de la 3D à titre **individuel**, mais sûrement pas à titre collaboratif. De plus, elle est fortement conditionnée par une couche bien plus riche : les méthodes.

#### **Les nouvelles méthodes d'utilisation des outils**

La couche *nouvelles méthodes d'utilisation des outils* contient les conventions graphiques, les protocoles d'échanges de données, les conventions de nommage et la production des plans 2D.

Cette couche est aujourd'hui maîtrisée car elle permet de faire de la collaboration. Mais elle ne permet pas de faire de l'ingénierie concourante, c'est-à-dire du travail simultané et synchrone, qui exige une couche bien plus complexe : les processus.

#### **Les processus de l'entreprise et du projet**

Les processus de l'entreprise et du projet est la couche la plus **complète** et la plus **complexe**. On y retrouve les grands **processus internes** des entreprises :

- vérification,
- validation,
- circuits de décision,

et tous les **processus communs** à tous les acteurs d'un même projet à savoir :

- revues de projet,
- contrôle de la qualité des informations,
- contrôle de la cohérence des données,
- traçabilité des décisions.

C'est la couche la plus **impactée** par le travail collaboratif autour d'une MN. Elle dépend également d'une autre couche : la culture.

## E – Concernant les méthodes de conduite du changement

### E1- Proposition de méthode (suite)

#### Les niveaux d'organisation (suite)

**Le savoir-faire** La couche *savoir-faire* peut être savoir-faire d'entreprise ou savoir-faire individuel. Elle est le siège de l'expérience, de la connaissance, de l'implicite et de l'acquis. Elle impacte tous les processus qui vont être utilisés. Elle définit tous les **découpages** du projet (en documents, objets et discipline), afin de mieux filtrer les informations et mieux spécifier les liens entre les données.

C'est un **niveau d'abstraction fondamental**, qui s'enrichit au fur et à mesure des expériences, pour améliorer le travail collaboratif dans tous les domaines et dans toutes les configurations de partenariats.

Cette couche s'appuie sur un socle très contraignant : le métier de la construction.

**Le métier de la construction** La couche *métier de la construction* est la plus **difficile à adapter et à faire évoluer**. Il s'agit là du secteur de la construction et de son environnement législatif.

On y retrouve :

- normes et réglementations de la profession,
- environnements contractuels,
- lois nationales et internationales,
- normes et protocoles d'échange,
- contraintes imposées par les grandes administrations.

C'est à ce niveau qu'il y a le plus d'inertie et le plus de freins au changement.

Mais il n'évoluera que si les autres couches sont matures et proposent des solutions efficaces et viables.

**Phase d'analyse**

Le principe retenu est de **partir des concepts les plus généraux**, c'est-à-dire ceux qui touchent au métier de la construction, puis d'approfondir la démarche jusqu'aux outils informatiques qui doivent être utilisés.

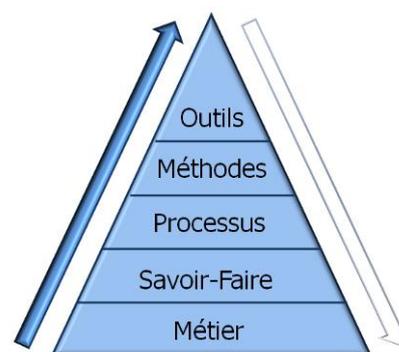


Figure E1 - 2 : Analyse

Niveau d'organisation	Phase d'analyse	Caractéristiques	
<b>Métier de la construction</b>	Sélection des partenaires	Sélection de partenaires ayant déjà une <b>première expérience</b> ou une volonté de mettre en œuvre une démarche de travail collaboratif autour d'une MN partagée.	
	Changement des habitudes de travail et du partage de données	Dans le secteur concurrentiel de la construction, où la perte de la connaissance et du savoir-faire est redoutée, le <b>culture du partage</b> est un des aspects les plus délicats à accepter. La MN partagée est pourtant un vecteur de progrès indéniable, qui ne peut être efficace que si l'ensemble des acteurs partage en toute confiance données et résultats.	
	Nouvel environnement collaboratif de travail	Maîtriser et faire accepter par tous les acteurs : la <b>plateforme</b> informatique commune, la gestion des <b>droits d'accès</b> et la définition précise des flux de <b>décisions</b> .	
<b>Savoir-faire</b>	Découpage du projet en produits	Le découpage du projet, dès son démarrage, en zones géographiques, en disciplines, en assemblages, en composants élémentaires est <b>structurant</b> et <b>primordial</b> (même s'il doit rester évolutif).	Les deux découpages doivent être cohérents, car ils sont issus de la même MN 3D.
	Découpage du projet en documents	Le découpage traditionnel du projet en plans et en documents doit également être <b>conservé</b> . Cela permettra de fournir au chantier les informations indispensables à l'exécution des travaux.	
<b>Processus de l'entreprise et du projet</b>	Vérification des besoins et de la qualité exigée	Les besoins exprimés par le donneur d'ordre doivent être <b>clairs</b> et <b>quantifiables</b> , afin de comparer l'avancement du projet aux exigences, tout au long de la phase de conception et de réalisation.	
	Processus d'approbation et de validation	Ces processus traditionnels réalisés sur des plans 2D, doivent être remplacés par des processus exercés <b>sur des objets</b> .	
	Revue de projets et de conception	Ces étapes-clés de la vie du projet doivent : <ul style="list-style-type: none"> <li>être <b>planifiées</b> au plus tôt ;</li> <li>faire partie intégrante du <b>management</b> du projet ;</li> <li>faire l'objet d'une grande <b>préparation</b> et d'une grande <b>attention</b>, car elles sont le siège des prises de décisions et de la répartition des tâches.</li> </ul>	
	Détection des <i>clashes</i> et suivi des décisions	Ce processus est intimement lié au précédent. Les collisions et les <i>clashes</i> doivent être <b>détectés</b> , mais aussi <b>gérés</b> afin de les <b>résoudre</b> avec le maximum <b>d'efficacité</b> .	
	Processus de contrôle de la qualité du modèle	La qualité du modèle et des données qui le composent est une valeur objective qu'il faut <b>quantifier</b> et <b>contrôler</b> à l'aide d'indicateurs de performance mesurables.	

## E – Concernant les méthodes de conduite du changement

### E1- Proposition de méthode (suite)

#### Phase d'analyse (suite)

Niveau d'organisation	Phase d'analyse	Caractéristiques
<b>Nouvelles méthodes d'utilisation des outils</b>	Protocoles d'échange et de modélisation IFC	L'utilisation de la norme neutre d'échange IFC nécessite une <b>fiabilisation</b> de la certification et des outils informatiques utilisés. Nous ne pouvons pas nous permettre de baser l'ensemble des échanges sur une norme qui possède des lacunes, des manques ou des incohérences.
	Passage du dessin 2D à la MN 3D partagée	Il s'agit tout d'abord de généraliser l'utilisation de la 3D, puis de partager les modèles. La conception en 3D exige une plus grande maîtrise des <b>modeleurs</b> et une <b>visualisation globale</b> de l'environnement. Il s'agit de passer du trait à l'objet, ce qui signifie que l'effort de conception à fournir est plus intense.
	Protocoles de partage et d'échange de données	Les méthodes de partage et d'échange doivent être <b>revisitées</b> , afin de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• bien délimiter les <b>interfaces</b> entre acteurs ;</li> <li>• connaître le <b>champ</b> des responsabilités ;</li> <li>• fournir à tous des <b>données cohérentes</b> et dont les attributs attendus sont renseignés.</li> </ul>
	Format de données et convention de nommage	Les <b>attributs</b> et la <b>sémantique</b> des données doivent être parfaitement établis. Les conventions de nommages doivent être élaborées avec exactitude et évolutivité.
	Production des plans 2D	La <b>génération automatique</b> des plans à partir des modèles 3D doit être parfaitement maîtrisée, afin d'obtenir des documents aussi <b>exhaustifs</b> et <b>lisibles</b> que ceux élaborés en 2D aujourd'hui. Nous parlons donc : <ul style="list-style-type: none"> <li>• du <b>fond</b> qui doit être exact,</li> <li>• de la <b>forme</b> (qui doit apporter au lecteur toutes les informations nécessaires sans avoir à chercher ou les calculer).</li> </ul>
<b>Outils informatiques</b>	Plate-forme collaborative	Cette plateforme que l'on nomme Hub collaboratif, Système PLM ou 3D BIM est le <b>conteneur</b> de l'ensemble des données et des métadonnées, ainsi que des liens qui les relient entre elles. C'est aussi le <b>siège</b> de la gestion des données (autorisation d'accès, notifications, versions, variantes, validations).
	Applications de modélisation, d'analyse et de simulation	Les logiciels informatiques, experts ou non, permettent de <b>créer</b> des données et de les <b>manipuler</b> .
	Visualisateur	Les logiciels informatiques permettent de <b>voir, filtrer</b> et <b>sélectionner</b> les données, afin de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>comprendre</b> leur ordonnancement,</li> <li>• d'en faire des collections pour les <b>manipuler</b>.</li> </ul>
	Vérificateur de modèle et outils d'aide à la décision	Les logiciels informatiques permettent de contrôler la qualité de la donnée et la cohérence des données entre elles. Il s'agit aussi des outils de gestion des incohérences et de la non qualité.

## Phase de mise en œuvre

Une fois que l'analyse est terminée, chaque partenaire doit adapter ses habitudes de travail courantes, afin de les intégrer dans l'organisation commune définie.

**Objectif** L'objectif est que chaque partenaire enrichisse ses propres processus collaboratifs suite aux **retours d'expérience** de la part des équipes et des projets. Le but ultime est de faire **évoluer les mentalités** de tout le secteur de la construction

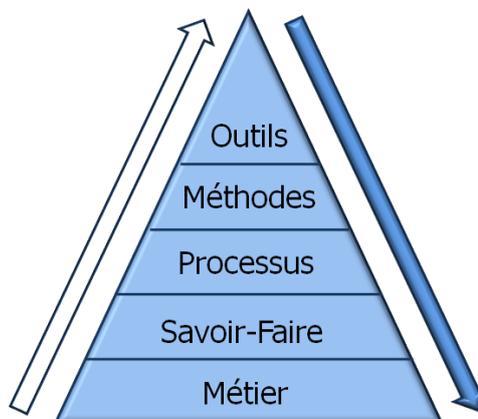


Figure E1 –3 : Mise en œuvre

### Une démarche descendante

Cette démarche descendante doit donc prendre en compte :

Étapes	Caractéristiques
Adaptation des <b>outils</b> sélectionnés	Rendre communicant avec les autres outils. Développer les passerelles nécessaires aux échanges. Compléter les fonctionnalités pour les intégrer dans l'environnement collaboratif.
Application des <b>nouvelles méthodes de travail</b>	Impliquer l'ensemble des acteurs et des décideurs. Anticiper la formation des décideurs, afin que ceux-ci conservent le savoir et le leadership.
Amélioration des <b>processus</b>	Travailler sur les interfaces hommes-machines, sur les flux de données et les requêtes pour prendre des décisions.
Développement de nouveaux <b>savoir-faire</b> et d'une nouvelle culture d'entreprise et de projet	Formaliser les <b>retours d'expérience</b> sur les organisations mises en place, afin de faciliter l'accès à l'information pour leur prise en compte sur les nouveaux projets.
<b>Communication</b> de « <i>success stories</i> » (réussites)	Valoriser ces nouveaux concepts de travail collaboratif. Servir de base à la formation dans les écoles d'ingénieurs et de techniciens en génie civil.

## E – Concernant les méthodes de conduite du changement

### E1- Proposition de méthode (suite)

#### Opérer le changement

Comment opérer le changement au niveau du projet et de l'entreprise ?

Outils	
<b>S'approprier les données</b>	Oser s'approprier les données fournies par les partenaires en les acceptant en toute confiance (qualité de la donnée et de l'échange, traçabilité des modifications, connaissance du propriétaire et des responsabilités), grâce à l'utilisation d'outils de contrôle ( <i>model checkers</i> ).
<b>Utiliser les données</b>	Penser systématiquement à l'utilisation des données transmises par les partenaires. En effet, il faut exploiter les données dans le format transmis et donc aussi préparer les données pour le travail aval ou concourant. Ceci ne peut s'effectuer qu'en réalisant les opérations suivantes : structuration des données, découpage du projet, respect d'un protocole de modélisation commun.
<b>Revisiter les processus majeurs</b>	Revisiter les processus majeurs actuels de l'entreprise, à tous les niveaux : validation, revue de projet, suivi des décisions, gestion des modifications, etc.
<b>Apprendre</b>	Apprendre en dehors de la « pression » de la production, en s'investissant dans des programmes de recherche, en évaluant et testant des outils par le biais de « preuves de concept ».
<b>Déployer</b>	Déployer progressivement et de manière pragmatique (ne pas tout révolutionner d'un seul coup) ; contrairement à un ERP, le « <i>big bang</i> » n'est pas nécessaire.
Acteurs	
<b>Sélectionner les partenaires</b>	Sélectionner les partenaires et les impliquer au plus tôt dans le projet.
<b>Identifier les collaborateurs</b>	Identifier les collaborateurs moteurs possédant des compétences dans les outils et dans les processus de l'entreprise.
Évolution	
<b>Choisir la plateforme</b>	Utiliser une plateforme collaborative la plus souple et la plus évolutive possible.
<b>Trouver appui</b>	S'appuyer sur un engagement fort de la Direction Générale, une volonté d'améliorer la performance, la compétitivité et l'image de l'entreprise.
<b>Communiquer</b>	Communiquer très largement en présentant des « <i>success stories</i> » pour l'émulation et la conviction des sceptiques.
<b>Capitaliser les bonnes pratiques</b>	Imposer pour chaque projet un « retour d'expériences » pour capitaliser les bonnes pratiques et éviter de répéter les mauvais usages.
<b>Définir une stratégie RH</b>	Voir ci-dessous.

---

#### Définir une stratégie RH

Les clés pour définir une stratégie RH sont listées ci-dessous :

- **Comprendre les freins** au changement : modification des habitudes et surtout perte de légitimité pour les acteurs qui détiennent le leadership, face aux jeunes très compétents sur les logiciels.
- **Intégrer le changement** au plan de développement de l'entreprise concernée.
- **Former et accompagner** tous les collaborateurs impactés, sans oublier les seniors et l'encadrement qui sont les plus réticents car les moins agiles sur le sujet 3D.
- **Communiquer** sur les intérêts et aussi les écueils du changement (changements dans la structure des équipes de travail, diminution des effectifs de dessin, etc.).
- **Accompagner** par un plan d'acquisition de nouvelles compétences au sein de l'ensemble du personnel, pour s'assurer de l'adhésion des personnes.
- **Créer les nouveaux métiers** nécessaires et dédier une cellule d'accompagnement spécifique.
- Dans un premier temps, **mesurer les gains** sur chaque projet par des indicateurs à créer.

## E2- Autres conseils pratiques

### Le changement vu sous l'angle de l'organisation humaine

Les chapitres précédents ont donné des indications sur la manière de conduire le changement sous plusieurs angles :

- outils (L2-A),
- conduite du projet (L2-B),
- « entreprise étendue » (L2-C).

Le présent module aborde cette question sous l'angle de l'organisation humaine, des motivations au changement, des manières de valoriser ses potentialités tout en limitant ses conséquences négatives.

### Quatre idées majeures

Quatre idées majeures peuvent guider une démarche de changement :

Idées majeures	Caractéristiques
« <b>Penser autrement</b> », <b>changer de paradigme</b>	Le défi est de <b>remettre en cause</b> les habitudes et de <b>décloisonner</b> les équipes qui œuvrent sur le même projet. Cela concerne en particulier les entreprises qui ont tendance aujourd'hui à travailler « seules dans leur coin », pour des raisons de responsabilité, de confidentialité ou de préservation de leur savoir-faire.
<b>Augmenter le niveau de confiance</b>	Instaurer un <b>niveau de confiance élevé</b> entre partenaires. Il faut organiser contractuellement chaque projet d'une nouvelle manière, afin que tous les partenaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>• partagent en toute confiance les <b>informations échangées</b> dans le cadre des nouvelles possibilités offertes par la MN ;</li> <li>• travaillent en toute transparence vers un même <b>objectif commun</b>.</li> </ul>
<b>Faciliter la circulation des données et leur intelligence</b>	Il faut <b>réduire ou supprimer</b> les tâches devenues sans valeur ajoutée dans le cadre de la MN, notamment tout ce qui a trait à la ressaisie des données.
<b>Mettre en valeur les bonnes pratiques et retours d'expérience</b>	Il faut insister, dans le changement, sur ce qui permettra d'obtenir une <b>meilleure productivité</b> et d'augmenter les savoir faire. Par exemple, développer l'usage des logiciels experts et leur interopérabilité.

#### « **Penser autrement** », un **nouveau paradigme**

L'échange est fondé sur des informations directement **interprétables** par la machine et sur la **confiance** associée nécessaire (travail en plus grande transparence).

La **modélisation en 3D** est systématiquement utilisée. Les outils de GED internes sont adaptés.

Chacune des **contributions** est intégrée dans un modèle global.

Les actions sont **tracées** (modifications, qui, quand, décisions). Les circuits de validation sont **redéfinis** (identification des rôles, des acteurs, des circuits, des possibilités de délégation, etc.).

Les données du projet sont fortement **structurées** très en amont de chaque phase du cycle de vie (découpage du projet, attributs à renseigner, etc.).

**La manière de concevoir est nouvelle** : évolution des métiers, apparition de nouvelles compétences. Les partenaires sont sélectionnés, et en fonction de la technique et du savoir-faire, et en fonction de l'équipement et des compétences en travail collaboratif autour de MN partagée.

Il devient **plus facile de tester** de nombreuses **variantes** pour parfaire l'optimisation du projet, gage de compétitivité.

Le secteur des TP va améliorer son image et ainsi devenir plus attractif pour les jeunes talents.



## E – Concernant les méthodes de conduite du changement

### E2- Autres conseils pratiques (suite)

#### Quatre idées majeures (suite)

#### **Augmenter le niveau de confiance**

Le développement de la confiance a largement été abordé au chapitre B3 de ce livrable, car cet aspect est l'un des plus délicats et indispensables pour mettre en œuvre la MN.

Au delà des notions de propriété intellectuelle et de préservation du savoir-faire évoquées précédemment, le processus de confiance se base sur les outils et les processus utilisés, ainsi que sur les relations au sein des acteurs et au sein des organisations impliquées.

La traçabilité des modifications et le suivi des décisions sont également des vecteurs primordiaux pour augmenter le niveau de confiance au sein d'un projet.

#### **Faciliter la circulation des données et leur intelligence**

Il est **indispensable d'éviter** :

- Transmission des données dans un **format « mort »** : plans tracés, documents numérisés, format PDF, formats propriétaires difficilement exploitables. Favoriser les formats d'échange interprétables par la machine et acceptés dans le cadre des projets.
- **Ressaisie** des données transmises par les partenaires, afin de les interpréter, de contrôler leur bonne qualité et de se les approprier ; favoriser les formats d'échange interprétables par la machine, les outils de contrôle (*Model Checkers*) et une organisation de l'échange permettant l'usage de ces nouvelles techniques.
- Travail avec un protocole de **modélisation interne**, c'est-à-dire, avec une charte graphique non compatible et/ou qui nécessite des transformations pour être exploités par les partenaires; l'échange d'objets métiers au lieu d'images nécessite une charte commune à tous les acteurs du projet.
- **Cloisonnement** entre les services et les partenaires, qui entraîne une mauvaise connaissance de besoins des autres ; la MN impose une approche globale.

Transmettre uniquement les **livrables « finalisés »** : documents aboutis qui sont partagés tardivement. Mettre à disposition plus rapidement des livrables avec un statut provisoire pour faciliter l'ingénierie concurrente.

Imposer un format d'échange **neutre et partagé**. Cesser l'utilisation de formats propriétaires spécifiques et internes, qui nécessite des ressaisies ou des « moulinettes » de transformation peu efficaces et peu pérennes ;

**Remettre en question** les circuits de validation, aujourd'hui souvent longs, fastidieux et asynchrones. Favoriser l'ingénierie concurrente.

#### **Mettre en valeur les bonnes pratiques et retours d'expérience**

La capitalisation sur les bonnes pratiques et retours d'expérience est un des enjeux principaux de la maquette numérique. En effet, l'utilisation d'une base de données partagée commune et structurée apporte les améliorations suivantes :

- Accès facilité à l'information (requêtes sur des informations structurées et liées entre elles).
- Les retours d'expérience sont nécessairement formalisés, donc facilement et immédiatement partageables ;

La facilité et la simplicité d'obtention des informations dans la MN doivent créer la motivation d'utiliser les bonnes pratiques et retours d'expérience.

