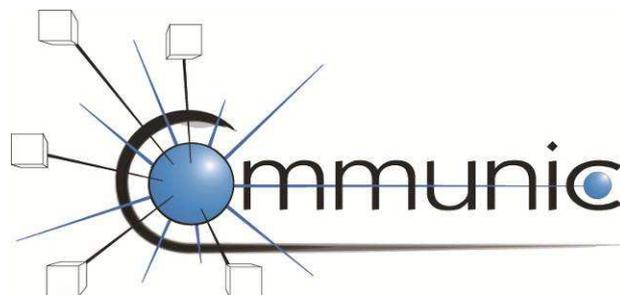


COMMUNIC

D - Rapport scientifique D3 - Mémoire

Version du 10/12/2010



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



Sommaire

Présentation du mémoire	5
COMMUNIC : un mémoire, trois livrables	5
Contenu des chapitres du mémoire du rapport scientifique	6
Aide à la lecture	7
1 - Introduction	9
1.1 - COMMUNIC en quelques mots !	10
1.2 - MN, travail collaboratif et développement durable.....	11
1.3 - Une avancée importante	12
1.4 - Une route encore longue à construire de manière collaborative	13
2 - Première définition et enjeux de la MN	15
2.1 - Première définition	16
2.2 - Les visions possibles.....	16
2.3 - Les enjeux auxquels la MN permet de mieux répondre	18
3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche	21
Introduction.....	22
3.1 - État de l'art	26
3.2 - Modèle global : technologies, processus et compétences (tâche 2)	37
3.3 - Utilisations et création de valeur (tâche 3)	39
3.4 - Expériences-actions in vivo (tâche 4)	44
3.5 - Dissémination (tâche 5).....	46
4 - Résultats technologiques à l'usage des acteurs des projets	49
Introduction.....	50
4.1 - Les standards d'échange	53
4.2 - Les outils métier	54
4.3 - Les outils MN	57
4.4 - Les équipements	59
4.5 - Les plateformes d'interopérabilité et de services	61

5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets	63
Introduction.....	64
5.1 - Organisation et management du projet.....	65
5.2 - Processus de validation.....	68
5.3 - Communication à l'aide de la MN	70
5.4 - Contractualisation, responsabilités et cadre juridique.....	73
5.5 - Les activités de conception	77
5.6 - Les activités de construction.....	83
5.7 La gestion et l'exploitation de l'infrastructure	86
5.8 - Le renouvellement et le démantèlement de l'infrastructure	88
6 - La conduite du changement	91
Introduction.....	92
6.1 - Au niveau de l'individu.....	93
6.2 - Au niveau du projet	96
6.3 - Au niveau de l'entreprise	100
6.4 - Au niveau de la profession	104
7- Résultats à l'usage des éditeurs de logiciels et organismes de normalisation .	109
Introduction.....	110
7.1 - Acteurs utilisateurs	111
7.2 - Objets, éléments structurants de la MN.....	112
7.3 - Informations rattachées aux objets.....	113
7.4 - Processus	114
7.5 - Fonctionnalités attendues.....	116
7.6 - Outils logiciels	119
7.7 - Modèle de données envisagé	121
7.8 - Standardisation.....	122
8 - Au delà de COMMUNIC.....	125

Page laissée blanche intentionnellement

Présentation du mémoire

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 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 modèle organisationnel et technologique 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 recommandations 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 mémoire du rapport scientifique

Les chapitres

Le tableau ci-dessous présente les chapitres :

Chapitre	Titre	Contenu
1	<i>Introduction</i>	Nous avons essayé de définir en quelques mots le projet COMMUNIC, comment il peut contribuer au développement du travail collaboratif et en quoi il constitue une avancée importante pour la profession.
2	<i>Première définition et enjeux de la MN</i>	Nous donnons une définition de la MN. Nous listons les visions qu'elle autorise. Nous la mettons enfin en perspective des enjeux de compétitivité et de développement durable.
3	<i>Démarche adoptée et travaux de recherche</i>	Nous décrivons les travaux que nous avons conduits. Nous faisons donc un point sur l'état de l'art, puis nous décrivons les 4 tâches qui ont organisé nos travaux.
4	<i>Résultats technologiques à l'usage des acteurs des projets</i>	Nous nous adressons aux acteurs directs des projets pour leur fournir une vision synthétique des résultats technologiques sur les outils qu'ils utiliseront.
5	<i>Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets</i>	Nous nous adressons encore aux acteurs directs des projets pour leur fournir une synthèse de ce qui va changer dans l' organisation des projets . Pour cela, nous abordons quatre activités transversales : <ul style="list-style-type: none"> • management de projet, • validation, • communication, • contractualisation. Puis nous abordons quatre activités majeures du cycle de vie : <ul style="list-style-type: none"> • conception, • construction, • exploitation, • démantèlement.
6	<i>Conduite du changement</i>	Nous résumons les changements à conduire aux différents niveaux concernés : <ul style="list-style-type: none"> • individu, • projet, • entreprise, • profession.
7	<i>Résultats et recommandations à l'usage des éditeurs et organismes de normalisation</i>	Nous nous adressons plus spécifiquement aux éditeurs de logiciels pour leur fournir une synthèse des conséquences du changement sur les outils logiciels qui existent déjà ou qui sont à développer. Les fonctionnalités, le modèle de données et la standardisation sont aussi abordés.
8	<i>Au-delà de COMMUNIC</i>	Nous décrivons quelles suites devraient être données au projet COMMUNIC pour : <ul style="list-style-type: none"> • promouvoir le modèle global COMMUNIC, • faire émerger un standard neutre d'échange, • aider au développement des outils.

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) est nécessaire à la compréhension du présent document sont repris dans le tableau suivant.

Terme	Définition
<i>Benchmarking</i>	Le benchmarking , 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. http://www.buildingsmart.fr/
<i>Clash, Conflit, Interférence</i>	Ces trois termes sont utilisés de façon indifférenciée dans les livrables et le mémoire.
Géolocalisation	La géolocalisation ou géoréférencement 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 IFC (<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 open source 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 norme (industrielle) est un référentiel publié par un organisme de normalisation comme Afnor, CEN, ISO, OASIS Un standard [...] un référentiel commun et documenté destiné à harmoniser l'activité d'un secteur.
STEP	Le standard pour l'échange de données de produit, STEP , ou ISO 0303 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

1 - Introduction

1.1 - COMMUNIC en quelques mots !	10
Quels mots choisir ?	10
Rencontres	10
Hors normes	10
Complexité.....	10
1.2 - MN, travail collaboratif et développement durable.....	11
Une volonté partagée de changement soutenue par l'ANR	11
Changements beaucoup plus profonds que la CAO	11
Outil de co-conception pour aborder la complexité	11
Outil de simulation au service du développement durable.....	11
Éco-conception	12
1.3 - Une avancée importante	12
Un groupement représentatif,.....	12
...ouvert sur l'extérieur,.....	12
... a bâti un modèle global.....	12
.. et réalisé des tests sur un projet en cours.....	12
1.4 - Une route encore longue à construire de manière collaborative	13
Tout un secteur à transformer.....	13
Tous les acteurs du BTP doivent maintenant se mobiliser	13
COMMUNIC doit avoir des suites.....	13

1.1 - COMMUNIC en quelques mots !

Quels mots choisir ? COMMUNIC traite d'une **opportunité fondamentale** à saisir : la maquette numérique (MN) pour l'industrie du BTP. Elle nous est offerte par la technologie pour autant que l'on sache la plier aux usages. C'est là, la finalité de COMMUNIC : Communiquer autour de la MN.

Réduire à quelques mots un travail de **trois années**, aussi foisonnant que celui de COMMUNIC, paraît impossible. C'est néanmoins un défi indispensable à relever, car l'homme pressé du XXI^{ème} siècle ne sait que faire des longs discours de plusieurs centaines de pages. Il souhaite, au préalable, comprendre « en quelques mots » tout l'intérêt de s'en approprier le travail.

Rencontres, hors normes et complexité sont les trois mots que nous retiendrons.

Rencontres

Nous parlons de rencontres plutôt que d'« une rencontre » car le projet COMMUNIC a fait se rencontrer :

- hautes technologies et béton, terrassement ;
- virtuel et réel ;
- des acteurs plus souvent en situation :
 - de concurrence que de coopération ;
 - de travail concret que de travaux de réflexion et d'anticipation ;
- des hommes et un pôle de compétitivité fraîchement fondé.

Hors normes

COMMUNIC est un projet hors normes car :

- Il est peu fréquent qu'une profession se rassemble pour rechercher, avec **ses propres ressources**, les meilleures voies et moyens d'intégration d'une technologie venue d'ailleurs.
- Un des paradoxes de cette démarche est qu'elle doit amener à l'adoption de **processus « quasi normés »** dans l'usage des outils technologiques visés.

Complexité

Les projets d'infrastructures sont complexes

Au moins deux objectifs concourent à une complexité exceptionnelle du projet COMMUNIC.

Dans l'échelle de la complexité, un grand pas est franchi lorsque l'objet que l'on considère ne peut pas être pensé **indépendamment**, comme un système isolé.

Tout objet de construction présente la particularité de devoir être **inséré** dans un environnement physique. Cet environnement empêche toujours de le penser de façon **autonome** et **abstraite**. D'autant plus qu'il est la « chose » qu'une population, très importante et très évolutive, doit s'approprier pour un temps de plusieurs générations.

Les maquettes numériques sont des outils complexes

Parmi les outils accessibles, les maquettes ont, aussi loin qu'on s'en souvienne, permis une appropriation instinctive par les acteurs. Elles étaient simplifiées et ciblées sur un seul usage ciblé.

La MN permet maintenant une appropriation :

- à tous les **instants**,
- dans tous les **détails**,
- pour toutes les **fonctionnalités**.

L'ampleur des informations manipulées, leur niveau de détail, leur volume, leur durée de conservation, le nombre des acteurs concernés, sont des éléments qui font de la MN un outil d'une **formidable complexité**.

	D3 - Mémoire	Page 10 sur 127
	D - Rapport scientifique	Version du 10/12/2010

1.2 - MN, travail collaboratif et développement durable

Une volonté partagée de changement soutenue par l'ANR

Pour prendre la question sous un jour plus conventionnel, COMMUNIC résulte de la constatation faite en début 2006. Elle s'est faite lors d'une première rencontre du pôle *Ville et Mobilité durables*, par des acteurs aussi divers et concurrents que Bouygues, Eiffage et Vinci, EGIS et SETEC.

Les débats portaient sur les **outils et méthodes de conception des infrastructures**. Les participants étaient tous confrontés à l'émergence de nouveaux outils de conception.

Ils avaient tous le sentiment partagé qu'ils ne sauraient pas progresser seuls. Il leur était à tous évident que la **coopération** était au centre même des usages.

Projet retenu par l'ANR

Cette constatation, pôle de compétitivité oblige, a été faite en présence d'académiques de la construction et des sciences de gestion. Il n'a fallu qu'un pas et quelques bonnes volontés pour se regrouper et soumettre un projet à l'ANR.

Ce projet a été retenu, du fait sans doute de l'**originalité** de la démarche et de son **évident potentiel**.

Changements beaucoup plus profonds que la CAO

L'émergence d'une MN a un tout autre effet que le simple passage de la planche à dessins à la CAO 2D.

La CAO

Dans le premier cas, chaque professionnel pense **individuellement** à un objet. Il le représente sous des **formes partielles** – et accessibles comme telles – que sont des vues en plans et des sections sur papier.

Par le passage à la CAO 2D, seule la tâche de **traçage de traits** se trouve finalement **affectée**. Elle l'est de façon **drastique** avec les gains de productivité qu'elle implique dans le dessin proprement dit et dans les transferts de documents.

La MN

Dans le cas d'une MN, c'est l'objet lui-même au complet qui est **conçu et partagé**. On en extrait, autant que besoin, des vues en plans et des coupes pour faciliter le travail de traçage sur le sol ou en atelier des objets élémentaires à réaliser.

Outil de co-conception pour aborder la complexité

Si la **conception** est unique, la **visualisation** l'est aussi. Tout professionnel ainsi que toutes les parties prenantes (y compris le public) voit l'ensemble.

De là, découle aussi la possibilité de **simuler** les usages et les performances, d'adopter les différents points de vue, propres à chaque acteur.

C'est en cela que la MN est l'instrument par excellence pour **aborder la complexité**. Elle permet de se confronter collectivement à la complexité, et non pas de la résoudre (elle ne se résout pas).

Il est alors possible d'**optimiser** les effets entre les différents points de vue. Cette optimisation est élaboré très **progressivement**, par essais et erreurs, jusqu'au point jugé par tous, le plus **acceptable**.

Outil de simulation au service du développement durable

La MN aide à réaliser des simulations :

- sur l'ensemble du cycle de vie,
- selon les dimensions antagonistes de l'environnement, du sociétal et de l'économique.

C'est dans ces simulations que se joue la **construction de solutions** plus « durables » traduisant *in fine* la **responsabilité** des acteurs vis-à-vis des générations futures.



Éco-conception

La MN est la colonne vertébrale de ce qu'on appelle l' « éco-conception », parce qu'elle permet d'optimiser :

- l'ensemble des **métiers** d'un projet,
- dans les trois dimensions du **développement durable**,
- sur la totalité du **cycle de vie**,

1.3 - Une avancée importante

Un groupement représentatif,...

Ces trois années de travail projet ont rassemblé les acteurs suivants :

Acteurs	Détails
Ingénieries	EGIS et SETEC
Entrepreneurs	Bouygues Construction, Vinci Construction et ETP
Centre de recherche et partenaires académiques	Université Paris-Est et École polytechnique
	LCPC et CSTB
	IREX

Ces acteurs constituent un groupement représentatif du secteur.

...ouvert sur l'extérieur,...

Les secteurs industriels plus avancés dans la MN et ses utilisations ont été consultés :

- aéronautique,
- construction navale,
- automobile.

Ont également été informés et interrogés :

- éditeurs informatiques,
- maîtres d'ouvrage (MOA),
- organisations professionnelles.

... a bâti un modèle global...

Des groupes de travail regroupant les professionnels du secteur et les académiques ont bâti un modèle global. Ils ont réfléchi ensemble sur les **problématiques** liées au travail collaboratif avec une MN ; par exemple :

- **structuration** des projets en objets porteurs d'informations,
- **processus** (internes aux sociétés ou collaboratifs) de conception, de réalisation et d'exploitation,
- **impacts** contractuels,
- **validation** et la **protection** des informations,
- évolution des **métiers**,
- conduite du **changement**.

.. et réalisé des tests sur un projet en cours

Afin de mieux apprécier les problématiques et les recommandations, des tests ont été faits sur un projet en cours de réalisation, notamment sur :

- la collecte des données,
- la modélisation 3D des objets et du projet,
- les outils existants,
- l'interopérabilité,
- le volume des informations.



1.4 - Une route encore longue à construire de manière collaborative

Tout un secteur à transformer

Malgré le présent travail, il ne faudrait pas penser que tout est dit. La matière est vaste et la conception d'ouvrages complexes ne peut se résoudre en un seul rapport, aussi gros soit-il.

Par ailleurs, le travail autour de la MN est un travail par essence **coopératif** qui implique une transformation de tout un secteur.

Les professionnels trouveront en ce travail un complément utile aux travaux réalisés par d'autres intervenants dans d'autres programmes ou initiatives.

S'inspirer du projet eXpert

C'est le cas des projets comme *eXpert*, suscité et animé par *Medi@construct*, dans une vision plus bâtiment et plus animation de toute une profession. Il faudra s'inspirer de leur expérience.

Tous les acteurs du BTP doivent maintenant se mobiliser

En quelque sorte, c'est donc maintenant que commence le vrai travail.

Bien sur, les partenaires de COMMUNIC assurent la dissémination de leur travail. Mais il faut que le secteur **dans son ensemble** se mobilise et s'organise pour conduire le changement, stratégique pour nos futures interventions à l'international.

Ce changement se décline ainsi en parallèle :

- dans les différentes structures du secteur,
- dans les entreprises,
- au niveau de chaque professionnel,
- au niveau des projets à réaliser,
- dans les écoles et centres de formations.

Recommandation

Notre première recommandation est de **regrouper** les métiers, les approches et les sensibilités du secteur pour que nos travaux trouvent un prolongement.

COMMUNIC doit avoir des suites

Les partenaires de COMMUNIC ont écrit un **premier acte** du scénario du travail collaboratif avec une MN. Ils sont disposés à :

- **participer** (avec les autres acteurs du secteur) à **l'écriture** des suivants,
- **jouer** la pièce dans son **intégralité**, bien sûr.

Page laissée blanche intentionnellement

2 - Première définition et enjeux de la MN

2.1 - Première définition	16
Une représentation permettant l'anticipation réaliste	16
2.2 - Les visions possibles	16
Une vision adaptée à chaque acteur.....	16
Une vision adaptée à chaque étape	17
Une vision à différentes échelles	17
Une maquette unique ou multiple	17
2.3 - Les enjeux auxquels la MN permet de mieux répondre	18
La compétitivité.....	18
Le développement durable (DD).....	19
Le travail collaboratif sur la totalité du cycle de vie	19

2.1 - Première définition

Une représentation permettant l'anticipation réaliste

Avec le risque de toute définition en une seule phrase, décrivons la MN comme la **définition de l'objet virtuel qui correspond à l'ouvrage réel** s'il existe déjà ou futur s'il est en projet.

Cette définition de l'objet permet :

- Une **représentation** qui cherche à être la plus réaliste possible.
- Un **suivi** au plus près, de la précision de toutes les étapes : de la réalisation depuis la conception amont jusqu'à l'exploitation de l'ouvrage.

Par son existence même, elle permet :

- une **anticipation** de la réalisation concrète,
- des multiples et répétitives **simulations** de son fonctionnement et de son usage par tout intervenant,
- une **optimisation** pour le plus grand bénéfice de toutes les parties prenantes (générations présentes ou à venir).

2.2 - Les visions possibles

Une vision adaptée à chaque acteur

Même si la MN est unique (ou quasiment comme on le verra ultérieurement), elle est perçue et utilisée de façon différente par les acteurs concernés :

Acteur	Vision de la MN
Public	Image par anticipation du futur ouvrage qu'il côtoiera à l'avenir, qu'il utilisera pour les services supposés rendus, avec les gênes éventuellement engendrées qu'il devra bien supporter.
Pouvoirs publics et élus	Représentation fidèle de l'ouvrage, des impacts positifs et négatifs qu'il engendrera. Instrument privilégié du dialogue avec le public. Futur patrimoine numérique qui permettra aux générations futures le meilleur usage, le meilleur entretien et la remise en valeur ou en conditions de performance.
Technicien et ingénieur (concepteur)	Instrument de la description la plus détaillée possible de l'ouvrage à construire pour la confier aux personnes d'exécution. Lieu de convergence de toutes les requêtes techniques ou non. Lieu d'exercice de la coopération entre acteurs, de la simulation de tous les usages, de tous les impacts, de toutes les modalités de construction, de la recherche du meilleur traitement de la complexité.
Personnel d'exécution (constructeur)	Représentation de ce qu'il doit construire. Réceptacle de toutes les prescriptions techniques à suivre pour réussir cette réalisation. Outil de simulation de toutes les phases de construction pour optimiser le déroulement,
Personnel d'exploitation	Représentation de l'ouvrage qui leur sera bientôt confié. Outil privilégié de l'étude de leurs processus d'interventions et de services . Lieu d'élaboration de leurs stratégies de gestion patrimoniale .

Une vision adaptée à chaque étape

On se réfère maintenant à la progression des projets et à leurs étapes.

- De la conception amont...** La MN commence par être un objet virtuel très fruste, avec peu de fonctionnalités. Elle ne permet que des simulations grossières des impacts macro-économiques ou macro-écologiques, mais elle permet déjà un **premier dialogue** sur les **attentes et besoins** des divers acteurs.
- ... à la conception détaillée...** Elle devient ensuite un objet de conception plus précise. Elle permet une :
 - **simulation** fine des usages, des modalités de construction, des impacts,
 - **interactivité** forte entre les parties prenantes, les pouvoirs publics et les élus.
- ... à l'exécution...** Puis, elle devient un objet de définition très détaillée pour permettre la **réalisation concrète**.
- ... et enfin à l'exploitation** Elle repasse ensuite à un objet moins détaillé et plus opérationnel pour permettre l'exploitation, la **maintenance** et l'**entretien**, elle devient alors plus un support numérique du **patrimoine** et de sa gestion.

Une vision à différentes échelles

Aux deux premiers points de vue dictés par les acteurs et les étapes, s'ajoute le point de vue des **échelles dimensionnelles** :

Échelle	Considération	Vision de la MN
Kilométrique ou déca kilométrique	Ouvrage dans son ensemble	Outil permettant la planification et la prédiction des effets territoriaux , la route n'y est souvent qu'un simple trait
Hecto ou déca métrique	Ouvrages élémentaires de la réalisation globale	Description d' ouvrages individuels : un passage supérieur, un poste de péage, pour les autoroutes, une culée ou une pile de ponts pour un ouvrage d'art. Outils de simulation plus fine des impacts et l'élaboration conceptuelle des objets par les hommes de l'art, elle permet la simulation des problématiques de réalisation, et d'exploitation.
Métrique ou centimétrique	Détails constructifs en faisant abstraction de leurs contextes plus lointains	Outils de conception de détail et la réalisation . C'est à ces échelles que se traitent les interfaces techniques
Millimétrique	Certaines parties de l'ouvrage ¹	

Une maquette unique ou multiple

L'unicité de la MN est garante de sa fiabilité et donc de la qualité du projet. Il faut privilégier la maquette unique.

Toutefois, la **multiplication** des visions de la MN conduit à une **complexité** qui pourrait devenir ingérable.

Gérer des maquettes complémentaires

On peut donc considérer que la MN est en fait **un ensemble de maquettes** plus adaptées à certaines visions et dont la maquette globale assure la cohérence.

Il est plus approprié de travailler en réalité, seulement sur un **nombre limité** de MN. Ainsi, chaque acteur en comprend bien le **sens** et la **légitimité**, et par conséquent les **limites**.

C'est tout l'art du **gestionnaire de maquette** (voir plus bas) que de gérer l'imperfection inhérente à cette maquette « multi-représentée », et de savoir toujours ménager les passerelles de **mise en conformité** des unes avec les autres.

¹ C'est le cas pour l'intégration de certains composants industriels ou préfabriqués. Certaines implantations ou mesures (de déformations par exemple) se font également à cette échelle.

2.3 - Les enjeux auxquels la MN permet de mieux répondre

La compétitivité

Réduire les coûts de construction par l'ingénierie concourante

La MN est l'instrument privilégié de l'exercice d'une ingénierie concourante. C'est l'ingénierie qui cherche simultanément et par essais progressifs le **meilleur compromis** aux contraintes de conception, de techniques, de réalisation, de voisinage etc.

Tous les secteurs industriels qui ont adopté cette démarche en ont retiré des **gains importants de productivité**. Dans l'industrie des objets « répétitifs », l'activité conceptuelle s'amortit sur un nombre très grand de réalisations.

Dans la construction, en revanche, l'activité conceptuelle s'amortit sur un seul ouvrage. D'où l'intérêt évident de faire mieux du premier coup, et donc de **simuler** la construction dès la conception.

Réduire le coût de la conception

Le partage de toutes les informations entre tous les acteurs et leur interopérabilité **réduit** inévitablement les **erreurs** et à minima les **ressaisies**. Cela permet donc une réduction forte des coûts de conception.

En revanche, l'association des acteurs autour de la MN risque de susciter des **études de variantes** plus nombreuses.

Au total, nous sommes néanmoins persuadés que la MN conduit à une réduction du coût de la conception.

Réduire les délais par la communication externe

L'ingénierie concourante est par nature réductrice des délais globaux.

La MN est un aussi outil de communication avec les **acteurs externes** au projet :

- pouvoirs régulateurs,
- public,
- acteurs économiques,
- etc.

La MN permet de les faire plus facilement **adhérer au projet**. C'est une source importante de réduction des délais.

Ce temps-là est celui du **time-to-market** entre la genèse initiale d'un projet d'ouvrage et celle de sa mise en exploitation consensuelle au bénéfice des générations présentes et à venir.

Le développement durable (DD)

Les coûts de réalisation et d'exploitation

Nous venons de voir en quoi la MN permettra une réduction des coûts de **construction**. La vision économique du projet inclut aussi l'exploitation de l'ouvrage.

Le fait d'associer l'exploitant dès la conception en lui donnant accès à la MN permet d'optimiser les coûts d'**exploitation**.

Le volet économique du DD trouve dans la MN un outil idéal d'**optimisation**.

L'environnement

La MN est un instrument idéal pour étudier la complexité des effets. On dispose d'une description numérique détaillée de l'ouvrage sur laquelle on peut faire « tourner » très rapidement de multiples **modèles et simulations numériques** (modalités d'exécution, impacts, usages).

Cet investissement plus important est **générateur de qualité** quant à :

- la réalisation elle-même,
- l'obtention d'un résultat plus performant à un coût moindre.

La vision globale fournie par la MN permet la prise en compte de l'environnement.

Le sociétal

La MN permet d'**associer** toutes les parties prenantes à la conception puis à la réalisation du projet.

Elle favorise cette association car elle permet une meilleure **compréhension** du projet par les non spécialistes des domaines des infrastructures.

Elle conduit donc à pouvoir prendre en compte le volet sociétal du DD.

Le travail collaboratif sur la totalité du cycle de vie

La MN permet le **travail collaboratif** de tous les acteurs. Elle partage les mêmes informations entre :

- le maître d'ouvrage,
- les concepteurs,
- les constructeurs,
- l'exploitant,

Ces acteurs couvrent la **totalité du cycle de vie** de l'ouvrage construit. Leur association dans un travail collaboratif autour d'une même MN est garant de la prise en compte du cycle de vie complet.

Page laissée blanche intentionnellement

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

Introduction.....	22
Rappel des objectifs	22
Organisation du projet en 5 tâches.....	22
Vision historique de la recherche	23
Principes associés à la méthode de travail	25
3.1 - État de l'art	26
La collecte de l'état de l'art.....	26
Enseignements des benchmarks	26
Autres projets de recherche sur le sujet.....	28
Organisations existantes	31
Éditeurs.....	32
Bibliographie	34
3.2 - Modèle global : technologies, processus et compétences (tâche 2)	37
Objectif : cadrer les analyses de valeur selon les utilisations	37
Approches par objets, acteurs, processus	37
Résumé des analyses	38
3.3 - Utilisations et création de valeur (tâche 3)	39
Objectif.....	39
Méthode	39
Analyses des organisations	40
Analyse des impacts	42
3.4 - Expériences-actions in vivo (tâche 4)	44
Objectif.....	44
Méthode	44
Expérimentation réalisée	44
Conclusions	45
3.5 - Dissémination (tâche 5).....	46
Objectifs.....	46
Réalisations.....	46

Introduction

Rappel des objectifs Le projet COMMUNIC a l'ambition et les objectifs suivants.

L'ambition L'ambition de COMMUNIC est de favoriser :

- le **travail collaboratif** entre les acteurs directs des projets,
- l'évaluation des **performances** et des **impacts** environnementaux, économiques et sociétaux,
- la **communication** avec les acteurs influents,

par l'utilisation d'une MN permettant :

- la réalisation anticipée des projets,
- les simulations numériques,
- les optimisations.

Les objectifs Les objectifs de COMMUNIC visent à :

- **Faire sauter des verrous** organisationnels et techniques à l'utilisation de la MN dans le génie civil.
- **Définir les modèles** :
 - d'organisation et de processus chez les acteurs de l'acte de construire pour créer une véritable rupture organisationnelle fondée sur des ruptures technologiques, et générer une forte valeur tant pour le client qu'en interne.
 - informatiques propres à assurer l'interopérabilité de la MN et des autres applicatifs fonctionnels.
- **Expérimenter** et modifier ces modèles à l'occasion de projets de construction réels.
- **Impliquer** l'ensemble des acteurs, leur faire prendre conscience de ce saut organisationnel et technologique, les y sensibiliser sans cloisonnement, et les en rendre acteurs.
- **Promouvoir les normes et standards**, de et vers l'international, via la coordination, les instances ad hoc, l'exemplarité et le partage d'expériences.

Organisation du projet en 5 tâches

La conduite du projet de recherche a été organisée en 5 tâches majeures.

Étape	Tâche	Objectif
1	Coordination scientifique et technique	S'assurer que les objectifs du projet COMMUNIC sont effectivement remplis et que des livrables de qualité sont disponibles à temps pour la diffusion la plus large possible.
2	Modèle global : technologie, processus, compétences	État de l'art : collecter des informations des autres expériences.
		Établir le modèle global organisationnel du travail collaboratif autour de la MN. Cadrer les analyses de la valeur selon les usages. Cette tâche est centrale dans le projet total. Elle commande toutes les autres.
3	Utilisations et création de valeur	Dégager pleinement les gisements de valeurs à créer par le travail collaboratif autour de la MN, et en planifier l'étude. Définir les modèles organisationnels présentant les plus belles potentialités et les formaliser, en préciser également les conditions de variabilité selon les modes contractuels.
4	Expériences-action <i>in vivo</i>	Les partenaires industriels sont collectivement et individuellement engagés à trouver à l'intérieur des délais de COMMUNIC les réalisations sur lesquelles mener quelques expériences-actions.
5	Dissémination et exploitation	Assurer l'exploitation la plus large possible des résultats de la recherche par l'ensemble des acteurs du génie civil mais aussi du bâtiment.

Vision historique de la recherche

Planning prévu Le planning prévu est présenté ci-dessous :

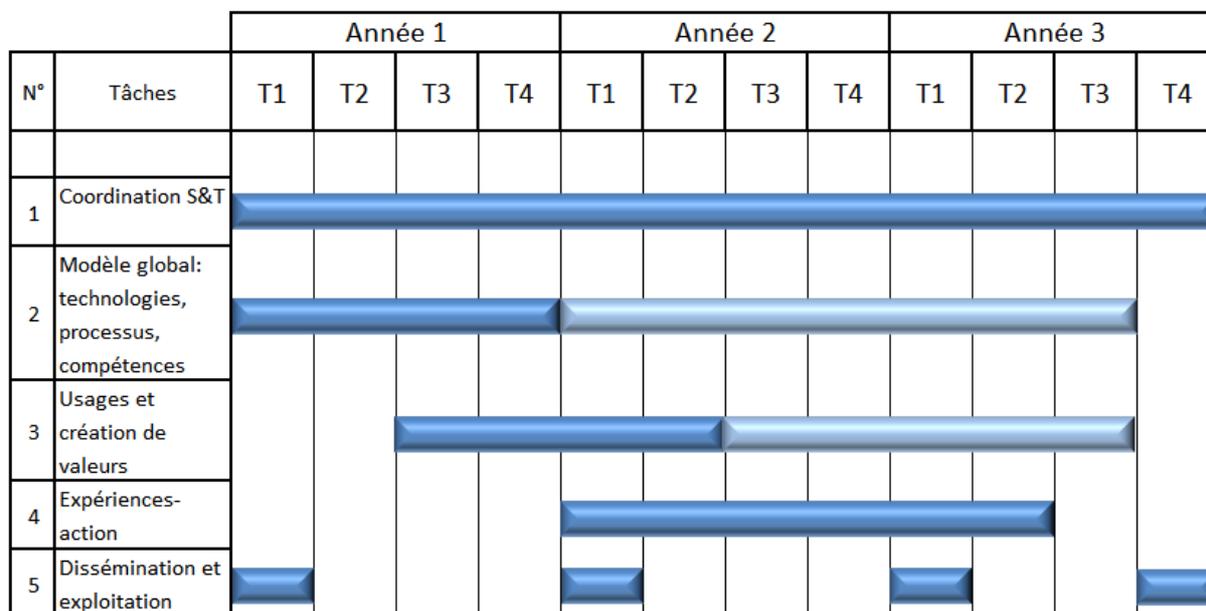


Figure 3-1 : Planning prévu

Le planning présenté dans la proposition est basé sur les principes suivants :

Tâche	Action
Tâches 1 et 5	Maintenir les tâches pendant toute la durée du projet (36 mois).
Tâche 2	Démarrage immédiat pour établir les bases de la réflexion . La durée prévue est de 12 mois , suivie par une période supplémentaire moins intense pour adapter nos réflexions aux résultats des expériences-actions de la tâche 4.
Tâche 3	Démarrage prévu le 6 ^{ème} mois pour organiser les idées issues de la tâche 2. La durée prévue est de 12 mois . Elle est suivie par une période supplémentaire moins intense pour adapter nos réflexions aux résultats des expériences-actions de la tâche 4.
Tâche 4	Démarrage prévu le 12 ^{ème} mois pour définir les scénarios à démontrer, liés aux processus mis en exergue dans la tâche 3.

Planning réalisé Le planning réalisé est présenté ci-dessous :

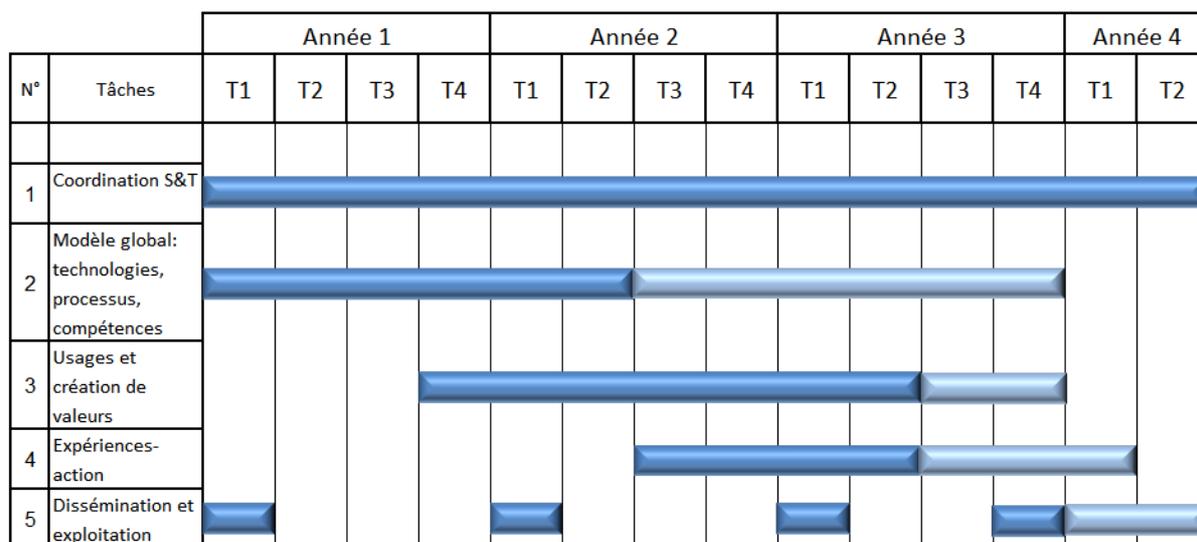


Figure 3 - 2 : Planning réalisé

Par rapport au planning prévu, les adaptations suivantes ont dû être faites :

Tâche	Action
Dérapage de la tâche 2	La charge de travail à réaliser a été sous estimée. Un approfondissement de certaines notions fondamentales et indispensables avant de démarrer la tâche 3, s'est avéré nécessaire.
Décalage du démarrage de la tâche 3, et prolongation de la durée estimée	La charge de travail à réaliser a été sous estimée. Il y a eu attente des résultats de la tâche 2. Les organisations à mettre en place dépendaient également des résultats des expériences-actions qui ont tardé à démarrer.
Décalage du démarrage de la tâche 4	Suite aux problèmes rencontrés sur les outils, de nombreux développements ont été nécessaires pour démontrer certaines « preuves de concept ».
Demande d'extension (6 mois) de la durée du projet	Afin de profiter de la dynamique du groupe de travail, de préparer des publications et d'allouer plus de temps aux expériences-actions une prolongation du délai a été demandée à l'ANR.

Principes associés à la méthode de travail

COMMUNIC est un projet ambitieux, qui couvre de nombreux aspects organisationnels et exige de nombreuses démarches innovantes.

Afin de ne pas se perdre en discussions stériles ou en axes de recherche trop utopiques, nous avons privilégié une **démarche pragmatique et structurée**, tout en nous laissant des latitudes en terme de contenu et de durée.

Le but est d'adapter notre planning et notre cadre de réflexions aux écueils et aux approfondissements nécessaires à l'écriture efficace et consistante des livrables envisagés dès le début du projet.

Notre méthode de travail repose donc sur les principes ci-dessous.

Un travail collaboratif sur l'ensemble des réflexions

■ Comités de pilotage (COPIL)

Les COPIL ont été tenus tous les trimestres et ont été très fréquentés. Au-delà des représentants des partenaires, ils ont regroupé la majorité des intervenants. Ils ont ainsi partagé et **enrichi** collectivement les réflexions, et cadré ensemble les travaux en petits groupes. Ils ont développé **l'esprit d'équipe** du groupement.

■ Transparence

Une collaboration transparente a été développée entre les partenaires pour élaborer des **concepts communs d'échange et de partage**. L'objectif est de partager et de trouver des règles communes. Les **savoir-faire** des partenaires ont été partagés.

Des outils facilitant le partage

■ Plateforme collaborative d'échange

Pour faciliter les échanges et le partage des documents, une plateforme collaborative d'échange sur Internet (BSCW) a été mise en œuvre.

■ Glossaire

Afin de **partager la définition** des mots et expressions utilisés lors de nos rencontres et dans nos documents, un glossaire commun a été créé et mis sur BSCW.

■ Téléréunions et conférences téléphoniques

Afin d'**optimiser les déplacements** et notamment ceux de certains partenaires éloignés, de nombreuses réunions de travail se sont tenues en téléréunion et conférence téléphonique avec WebEx.

■ Trame des livrables

Pour clarifier le contenu des livrables, l'écriture de la trame des livrables a été **anticipée** tôt dans la durée du projet, avec définition des pilotes des rédactions et des responsabilités de chacun.

Un travail en sous-groupes thématiques

Lorsque les sujets abordés en COPIL nécessitaient une **analyse spécifique**, des groupes de travail thématiques ont été créés. Leurs compositions, décidées en COPIL, dépendaient du sujet et des compétences de chacun.

Tous les partenaires ont participé à l'ensemble des réflexions. Les sujets abordés n'ont donc pas été répartis entre les partenaires. Le travail a été **collectif** et enrichi par les sensibilités de chacun.

Une ouverture sur l'extérieur

■ Benchmarks d'autres secteurs

Pour éviter de partir de la feuille blanche et pour tirer partie des expériences des autres secteurs d'activité utilisant la MN, de nombreux **benchmarks** ont été organisés et conduits avec plusieurs partenaires.

■ Autres contacts externes

Des rencontres avec certains **éditeurs de logiciels** ont été organisées pour présenter nos concepts et nos besoins, et pour connaître l'état de l'art et les avancées ou développements en cours.

Des rencontres avec des **organisations** développant le travail collaboratif ont complété cette ouverture.



3.1 - État de l'art

La collecte de l'état de l'art

Benchmark	Un <i>benchmark</i> réalisé auprès de plusieurs entreprises, est résumé ci-dessous.
Projets de recherche	Des projets de recherche importants étaient en cours ou en démarrage, dans le secteur de la construction, utilisant des techniques proches du secteur des infrastructures linéaires.
Développement du travail collaboratif	Des organisations travaillent sur le développement du travail collaboratif ou de la MN. Nous avons pris des contacts avec elles.
Éditeurs	Les principaux éditeurs de logiciels ont été rencontrés afin de connaître leurs positions et orientations pour l'avenir.
Bibliographie	Dans le même temps, une revue de la littérature scientifique et technique a été effectuée.

Enseignements des benchmarks

Les objectifs de nos benchmarks	<p>Depuis une vingtaine d'années, les industriels de l'automobile, de l'aéronautique, des chantiers navals ont opéré une transition vers la MN. Les organisations et processus ont atteint un degré de maturité que le groupe COMMUNIC a analysé au travers d'un <i>benchmark</i>, dont le compte-rendu détaillé est fourni en annexe du livrable L1.</p> <p>Il s'agit principalement de comprendre, dans l'optique d'une transposition aux métiers et aux projets du BTP :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'origine ou les motivations de la transition vers la MN ; • les conditions de sa mise en place dans les diverses organisations ; • les utilisations de la MN, de la conception à la construction, et éventuellement à l'exploitation ; • les principes de validation des données et de gestion des accès à la MN.
Les sociétés benchmarkées	<p>Ont ainsi été interviewés des responsables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Airbus, et Dassault Aviation pour l'industrie aéronautique, • la Direction des Constructions Navales (DCNS) et d'Aker Yards pour les chantiers navals, • PSA pour l'automobile.
Des objets différents de ceux du BTP	Les objets produits par ces industries se distinguent de ceux du BTP selon plusieurs aspects que nous listons ci-dessous.

Aspect	Caractéristique des industries rencontrées
Répétitivité	Très grandes séries dans l'automobile. Des séries plus modestes dans l'aéronautique, et un concept proche du prototype du BTP pour les chantiers navals.
Nombre de composants	Très grand nombre de composants (plusieurs millions) à intégrer dans un espace confiné (coque de bateau ou d'avion), à comparer à des objets en moins grand nombre dans le BTP.
Sensibilité à l'environnement existant	Faible dans ces industries. Par opposition, le BTP fait du sur mesure et doit intégrer le projet dans un environnement existant (notamment le terrain naturel) pour de nombreux domaines des infrastructures linéaires (terrassement, ouvrages d'art, assainissement, etc.).
Organisation	Une organisation stable dans le temps de centaines de métiers à coordonner. Aujourd'hui, les avionneurs sont principalement des concepteurs-assembleurs. Ils s'adressent à des sous-traitants de rang 1 pour la fabrication des composants et systèmes. Ceux-ci font alors appel à différents ensembles de fournisseurs et prestataires. Par opposition, le monde du BTP est d'organisation changeante, en ce qui concerne la maîtrise d'ouvrage et le montage et le financement des projets, ou le phasage de la conception et de la réalisation de l'infrastructure.

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.1 - État de l'art (suite)

Enseignements des benchmarks (suite)

La MN répond à des enjeux stratégiques

Dans l'industrie, le passage à la MN permet de progresser vers des objectifs d'importance stratégique :

- Ne pas se laisser dépasser par la **concurrence**.
- Intégrer des processus de conception associant des sites éparés et des acteurs éclatés, par la mise en place d'un **langage et de supports de données communs** (standards d'échanges, interopérabilité, etc.).
- **Raccourcir le cycle** de conception-fabrication.
- Produire des représentations et des **simulations** nombreuses afin de qualifier ou d'optimiser le produit en **évitant** autant que possible les **prototypes coûteux**.
- Intégrer dès l'amont **les opérations d'exploitation**, par la simulation (ex. : l'entretien-maintenance).

Un changement porté par la direction générale compte tenu des impacts

La mise en place de la MN requiert un acte fort de la direction générale de l'industriel, compte tenu de l'investissement qu'elle représente et des changements d'organisation qui en découlent :

- Le choix du ou des **logiciels s'impose** à l'ensemble des branches de l'industriel et à ses principaux prestataires.
- La conception s'organise autour :
 - d'un **phasage précis** : revues de projet périodiques,
 - d'une **gestion fine des interfaces** (la MN est un outil de consolidation, de gestion des conflits entre composants) et de la **conception simultanée** par des acteurs nombreux (co-conception).
- Le déploiement de la MN au sein des organisations rencontre de nombreux freins et doit être **accompagné**.

La transposition à l'univers du BTP soulève **nombre de questions**, compte tenu de l'organisation particulière mise en place sur chaque projet d'infrastructure : qui prend la décision de mettre en place la MN ? Qui la gère ? etc.

Rôles, responsabilités, processus, à adapter

Au-delà de l'outil d'aide à la conception, la MN se révèle un outil indispensable pour le **partage de l'information** et la **gestion des configurations**.

Chacun connaît l'environnement et les contraintes dans lequel il doit concevoir sa part du projet, les limites de ses prestations et les degrés de liberté dont il dispose. Les **rôles et responsabilités** sont à redéfinir. Inversement, le propriétaire de la MN doit **gérer les autorisations d'accès** et de modification en fonction des prérogatives et relations contractuelles des différents acteurs.

Le concept de **validation** doit être revu en profondeur pour être adapté aux différentes situations. Dans un contexte d'ingénierie concurrente, par exemple, il s'agit de **figer** une partie du projet (un ou plusieurs composants) alors que d'autres parties continuent à évoluer. Mais dans un contexte de validation extérieure, de qualification, les plans papiers et les tirages **2D** sont encore souvent la **référence**.

Des similitudes à transposer

Au-delà de la diversité des cas, on trouve certaines constantes dans la perception de la MN par les industriels, " *on ne sait plus s'en passer aujourd'hui*", car :

- C'est l'outil de **synthèse** et d'**intégration**.
- Les **gains sont sensibles** en phase de conception (réduction du nombre des prototypes et des essais).
- Les problèmes et erreurs sont **identifiés** beaucoup **plus tôt** et sont moins coûteux à redresser.
- Les **simulations**, plus faciles et systématiques, permettent d'optimiser,
- Les processus d'**industrialisation** (préparation de chantier, approvisionnement, outils d'assemblage) sont **anticipés**.
- La **maintenance et l'exploitation** sont mieux prises en compte.
- La maquette engage un processus de changement culturel majeur et implique de **nouvelles compétences** (intégrateurs, vérificateurs de cohérence et de compatibilité des données, etc.).
- Le processus de changement est fort et nécessite une **démarche volontaire**.

Nombre de ces enjeux sont **transposables** dans le milieu du BTP, d'autant plus que la conception des infrastructures linéaires se conduit aujourd'hui beaucoup en ingénierie concurrente. Tous les métiers y progressent de front, intégrant souvent très tôt les méthodes des constructeurs et les contraintes de l'exploitant.

Autres projets de recherche sur le sujet

D'autres projets s'intéressent soit au travail collaboratif, soit à la MN. Nous avons suivi leurs travaux, en particulier grâce aux partenaires de COMMUNIC qui font également partie de ces projets.

Le projet InPro

■ **Présentation du projet**

InPro² est un projet de recherche européen du 6^{ème} PRD³ se concentrant sur la phase préliminaire de conception d'un bâtiment. Avec **20 partenaires** issus de **9 pays** européens et un budget de **13 millions d'euros** sur 4 ans, InPro est mené par cinq grandes entreprises de construction européennes. Il s'effectue en étroite coopération avec d'autres intervenants du secteur, notamment des organismes de recherche et des consultants spécialisés.

Son objectif est : « *développer et d'établir un **modèle de collaboration** dès la phase de conception, qui tienne compte du cycle de vie complet d'un bâtiment* ». Le passage du traditionnel dessin en 2D à des modèles d'informations en 3D constitue un changement technologique majeur pour le secteur de la construction.

Ce changement est porté par de **nouveaux outils de travail collaboratif, de communication** et de **simulation** qui transforment les façons de travailler. Ils développent, par une collaboration ouverte entre les parties prenantes, une phase de conception porteuse de **meilleures performances** en efficacité énergétique, flexibilité, constructibilité, confort, etc.

Ces résultats ne peuvent cependant être atteints qu'à travers des outils informatiques et des méthodes d'utilisation **appropriés**.

La phase sur laquelle le projet InPro s'est focalisé est le **design architectural**, qui initialise le cycle de vie d'un bâtiment. Cette phase, qui ne représente qu'une fraction minimale du coût du cycle de vie d'un bâtiment, **détermine 70% du coût total** de son cycle de vie. De nombreuses variantes peuvent être visualisées et testées à faible coût, ce qui permet d'optimiser les décisions architecturales.

² Le nom exact est « *Open Information Environment for Knowledge-based Collaborative Processes Throughout the Lifecycle of a Building* », ou « *Environnement ouvert d'informations fondé sur la connaissance des processus de collaboration tout au long du cycle de vie d'un bâtiment* ».

³ 6^{ème} Programme de Recherche et Développement.

■ Environnement d'information ouvert

Le résultat principal du projet InPro est la définition d'un « environnement d'informations ouvert » (« *Open Information Environment* »). Ce système avancé intègre les principaux aspects pertinents de la conception architecturale :

- **Collaboration** ouverte et souple entre tous les intervenants de la chaîne de valeur du bâtiment.
- **Conception** du bâtiment prenant en compte le **cycle de vie complet**, basé sur un modèle d'informations en 3 dimensions.
- **Aide à la décision** pour faire des « choix éclairés » fondés sur la connaissance des conséquences sur le cycle de construction complet.
- **Planification** précoce de la construction.
- **Exploitation** des résultats de la simulation informatique qui permet aujourd'hui la réalisation de prototypes numériques particulièrement intelligents.

■ La gestion du changement

La gestion du changement doit prendre en compte chacun des niveaux importants (schéma ci-contre) : outils, méthodes, processus, structures organisationnelles, secteur de la construction tout entier.

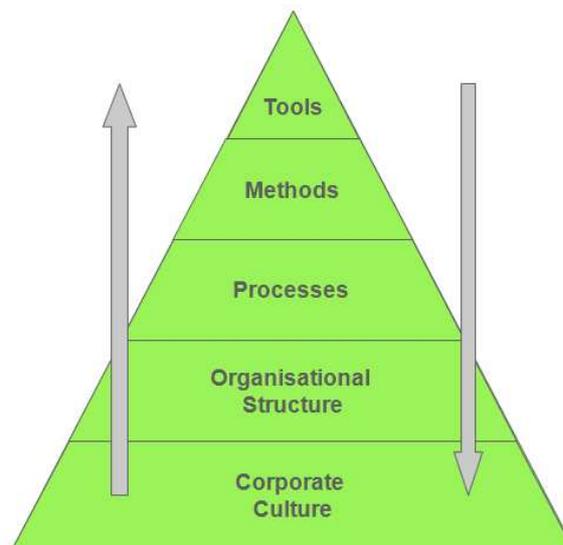


Figure 3.1-1 : Gestion du changement INPRO

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.1 - État de l'art (suite)

Autres projets de recherche sur le sujet (suite)

Le projet eXpert

Le projet eXpert est un projet de **promotion des nouvelles technologies** TIC⁴ et de l'échange des données dans la filière bâtiment, notamment auprès des PME.

Il associe les principaux représentants de la filière du bâtiment (dont Medi@construct). Il est soutenu par la DGE⁵.

Son objectif est : « *soutenir et accompagner les progrès liés aux nouvelles pratiques, grâce au partage, à l'échange, à la normalisation, et à la sécurisation des informations techniques sur les projets et les produits industriels, auprès de l'ensemble de la filière et tout particulièrement de sa multitude de PME* ».

eXpert a conduit à la rédaction d'un **Livre Blanc** des attentes et recommandations des différents acteurs de la filière, en matière d'interopérabilité, d'évolution et d'accompagnement de la MN et du standard IFC. Il a fait également l'objet de nombreuses démonstrations de sensibilisation aux apports de la MN avec une forte mobilisation des éditeurs de logiciels, ayant implémenté les premières versions d'interfaces INTERFACE.

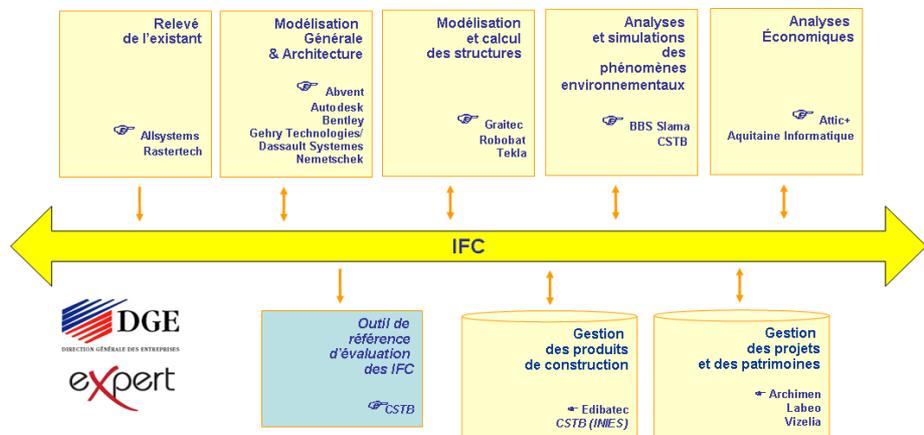


Figure 3.1-2 : Cartographie des éditeurs de logiciel du projet eXpert (DGE TIC-PME 2010)

À titre d'accompagnement, dans le cadre de ce projet, le CSTB a notamment développé le composant logiciel IFC SDK, à la disposition des éditeurs, pour leur faciliter la prise en compte du standard.

En savoir plus	
Projet IFC SDK	http://www.osor.eu/projects/ifc-sdk
Medi@construct	http://www.mediaconstruct.fr/index.php?q=node/190
« Tout sur le BIM »	http://www.batiportail.com/toutsurlebim.asp?smenu=11

Le projet URBACONCEPT

Il s'agit d'un projet, encore en cours de montage qui, à l'initiative du pôle de compétitivité Advancity consiste à créer une plateforme collaborative dédiée à l'urbain. Elle offrira des services de :

- **hébergement** des données urbaines,
- mise à disposition **d'outils collaboratifs** dont la MN,
- **équipements collaboratifs** (salles immersives, etc.),
- **validation** de produits, d'outils et méthodes.

C'est en fait une application à l'urbain d'un scénario que COMMUNIC préconise d'une manière plus large pour les infrastructures.

⁴ TIC = Technologies de l'information et de la communication

⁵ DGE = Direction Générale des Entreprises du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi (appel à projet TIC PME 2010)

Organisations existantes

BuildingSmart BuildingSmart est une **communauté internationale** d'utilisateurs, de sociétés, de centres de recherche et d'organismes officiels, qui œuvre pour la **promotion de l'interopérabilité et de la MN** (BIM) à la norme ISO- IFC.

Elle a vocation à **conclure des alliances** avec d'autres organismes aux motivations analogues. Elle ne **produit** pas de logiciels mais des **spécifications** pour le développement des applications.

Voir le site : <http://www.buildingsmart.com/>

Medi@construct Medi@construct représente le "chapitre" francophone de *BuildingSmart*. En effet, les pays participant à *BuildingSmart* sont regroupés en chapitres selon leur langue ou leur proximité géographique.

Les missions de Medi@construct sont notamment de :

- Promouvoir les **bonnes pratiques** liées aux technologies de l'information et de la communication auprès des professionnels de la construction.
- Favoriser les **échanges** et la **coopération** entre les professionnels, l'offre informatique, les établissements d'enseignement et de recherche.
- Participer aux mouvements de **normalisation** internationaux pour faire progresser l'interopérabilité des logiciels.

Voir le site : <http://www.mediaconstruct.fr> & www.buildingsmart.fr

MICADO MICADO est une association qui a pour mission de **promouvoir** le développement et l'utilisation des **outils informatiques et des méthodes de travail** permettant la maîtrise du cycle de vie des produits et des process industriels.

Son domaine d'activité couvre les **technologies de l'information** et de la **communication** dans les processus industriels, de la conception au démantèlement ou recyclage, de la PME aux organisations complexes (collaboratives, étendues, distribuées, élargies, etc.)

Ses objectifs sont de :

- **Mettre en commun** les compétences.
- **Capitaliser** les expériences.
- **Échanger** autour des concepts et des solutions.
- **Faire connaître** et valoriser les **avancées** des laboratoires et des universités.
- **Réfléchir** avec des experts sur des sujets essentiels pour les utilisateurs.

MICADO regroupe notamment ses membres pour **échanger** sur le travail collaboratif ou l'éco-conception.

COMMUNIC a adhéré à MICADO et a participé à des journées d'études ainsi qu'aux « États Généraux » organisés tous les deux ans.

Voir le site : www.afmicado.com

Éditeurs

En parallèle aux *benchmarks* réalisés dans plusieurs sociétés d'autres secteurs de l'industrie et à l'expérimentation, nous avons pris contact avec les éditeurs influents dans le domaine de la MN et des infrastructures linéaires.

Les éditeurs rencontrés

Le choix des éditeurs à rencontrer s'est appuyé sur ces critères :

- **notoriété** et l'importance sur le marché national et international ;
- **prise en compte du BIM** dans la démarche de l'éditeur ;
- **capacité intégratrice** de l'éditeur pour promouvoir une MN ;
- **ouverture des formats**.

Cela explique pourquoi, par exemple, des éditeurs comme GEOMEDIA (COVA-DIS) ou MENSURA ne font pas partie des éditeurs rencontrés.

Les éditeurs suivants **ont été rencontrés** :

Éditeurs	Solutions
Autodesk	Autocad, Civil 3D, Revit, NavisWorks
Bentley	Microstation, MXroad, RailTrack, GeoMacao, Power civil
ESRI	ARCGIS, ARCVIEW
Dassault System	Catia, Ennovia
PI3C	Plateformes collaboratives et PLM

Ouvrages et logiciels couverts

Parmi les ouvrages et les logiciels couverts par les éditeurs rencontrés, nous nous sommes surtout intéressés à :

Catégories	Détails	
Ouvrages traités par les logiciels des éditeurs rencontrés	Bâtiment Ouvrages d'art Routes ou autoroutes	Rail Territoires Cartographie
Logiciels des éditeurs rencontrés	CAO 3D surfacique CAO 3D volumique SIG	MN PLM GED

Trois éditeurs en position dominante

En France, trois éditeurs sont massivement présents dans le domaine des infrastructures :

- **ESRI** a une position hyper-dominante dans le domaine applicatif de type SIG associé aux infrastructures.
- **Autodesk** a une position hyper-dominante dans les domaines de la DAO et de la CAO produites dans le domaine du BTP.
- **Bentley** a une position importante dans le domaine de l'applicatif métier lié à la conception géométrique de l'infrastructure linéaire en offrant notamment plusieurs solutions différentes.

Dassault Systems est présent marginalement dans le secteur du BTP et absent du domaine de l'applicatif métier pour la conception d'une infrastructure. Cependant, c'est un éditeur qui cherche à s'y implanter à partir de sa problématique et de son expérience en MN et PLM.

PI3C, très faiblement implanté dans le secteur du BTP en tant que solution collaborative et PLM, a été consulté à la suite de rencontres organisées dans le cadre de l'association MICADO.

La démarche BIM n'est encore qu'une orientation

Autodesk et **BENTLEY** affichent la technologie BIM, de même que **Dassault Systems** au travers de l'appliquet Digital Project™ de GEHRY Technologies. En revanche, **ESRI** et **PI3C** ne revendiquent pas une démarche BIM.

Les démonstrations et l'expérimentation montrent qu'entre l'affichage et la pratique réelle, il reste un écart important pour couvrir l'ensemble des activités à prendre en compte dans une infrastructure linéaire.

Le domaine des bâtiments apparaît comme plus avancé que celui des infrastructures linéaires. Il faut néanmoins retenir que cette orientation est prise et que les éditeurs se disent intéressés à accompagner le secteur du BTP dans cette voie.

La modélisation objet 3D volumique n'est pas généralisée

ESRI, de part sa structuration autour d'un système de gestion de base données géo référencées, offre naturellement une possibilité de **modélisation objet**, incluant dans certains applicatifs, la segmentation dynamique.

Cependant, la notion de 3D volumique n'est **pas encore intégrée** à l'ensemble des objets. La réflexion est en cours, avec la notion de **géo-design** (c'est-à-dire la **géolocalisation** des objets 3D).

Concernant les deux autres éditeurs dominants, l'approche objet 3D existe pour certains applicatifs (notamment **REVIT** et **CIVIL 3D**), mais ne concerne que **certaines parties** de l'ouvrages (éléments de plateforme, bâtiments et Ouvrage d'Art).

Si tous les outils permettent aujourd'hui au minimum une représentation de type 3D surfacique, il n'en existe aucun offrant une **continuité de la modélisation et de la représentation** d'une infrastructure linéaire en objets 3D volumiques.

L'interopérabilité n'est pas assurée malgré les annonces

L'interopérabilité est nécessaire car **aucun des formats** tels que IFC, CityGML, Landxml, Shapefile, etc..., ne couvre la **totalité du domaine**. Le format d'échange le plus souvent utilisé reste encore le format DWG, pauvre et synonyme de 2D

Chacun des éditeurs annonce une multi-interopérabilité qui permettrait l'utilisation des différents formats sans perte d'information. Chez un éditeur, les formats natifs ou propriétaires sont favorisés au détriment des formats neutres standardisés ou normalisés. L'interopérabilité n'est donc pas assurée.

Pas de plateforme collaborative au delà des GED

Les plateformes collaboratives les plus avancées qu'il ait été possible de voir sont celles de **Dassault Systems** ou de **PI3C**. Malheureusement, elles ne **concernent peu**, voire pas, les **infrastructures linéaires**.

Deux autres plateformes de type collaboratif ont été analysées :

Plateforme	Définition	Solution adaptée ?
NavisWorks (Autodesk)	Navigateur et détecteur de collisions (« clashes »)	Solution est peu adaptée aux infrastructures linéaires. Par ailleurs, ignore la gestion documentaire.
ProjectWise (Bentley)	Gestionnaire métier de documents intégrant le géo référencement	Solution adaptée aux infrastructures linéaires et à la gestion des workflows. Elle permet de visualiser des éléments du projet, par couche, mais ne peut être considérée comme un navigateur d'objets 3D.

**La MN
d'infrastructure
reste à concevoir**

Chacun des éditeurs consultés présente des **briques** de la future MN et de son environnement. Cependant, aucune des solutions présentées par les trois éditeurs dominants ne préfigure l'environnement MN telle qu'on peut l'entrevoir dans les outils examinés lors des benchmarks.

Deux points cruciaux sont à développer :

- le **modèle des objets** d'une infrastructure et de ses ouvrages d'art ;
- les **outils d'interopérabilité** (incluant les standards d'échange) permettant d'alimenter le modèle objet de la MN.

L'un des principaux enjeux des suites de COMMUNIC est donc de progresser dans cette voie avec les éditeurs intéressés. Tous ont compris notre problématique. Ils sont prêts à approfondir nos besoins dès lors que nous saurons leur communiquer nos **spécifications détaillées**.

Bibliographie

Les principaux éléments de bibliographie du projet COMMUNIC sont repris ci-dessous et page suivante.

**Compléments aux
benchmarks réalisés**

En complément aux *benchmarks* réalisés, on pourra avec intérêt se reporter aux articles et liens ci-dessous.

Entreprise	Article à consulter	
PSA	http://www.psa-peugeot-citroen.com/modules/maquette_num/parent.swf	
Renault	Entreprise étendue	https://suppliers.renault.com/iaoeefr/
	Présentation du processus numérique	https://suppliers.renault.com/iaoeefr/30telecharger/30_Flash_de_presentation_du_principe_GDG_Web_VPMWeb/69074.html
Construction navale	« Construction navale : L'essor de la conception assistée par ordinateur », Mer et Marine, du 16/01/2009.	http://www.meretmarine.com/article.cfm?id=109265
DCNS	« Frégates numériques », Machines Production n°774 du 28/02/03, page 56.	
Dassault Aviation	« L'entreprise numérique »	http://www.dassault-aviation.com/fr/aviation/innovation/lentreprise-numerique.html
AIRBUS	Résumé de la crise de l'A380 due à des divergences entre les MN française et allemande. Alain Clapaud, 01 Informatique, du 04/12/2008.	http://www.01net.com/editorial/399073/eads-fait-le-menage-dans-son-plm/

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.1 - État de l'art (suite)

Bibliographie (suite)

BIM et secteur de la construction Sur le BIM et le secteur de la construction, on pourra avec intérêt se reporter aux articles et liens ci-dessous.

Entreprise	Article à consulter	
Projet eXpert	« Le site francophone de la MN dans le Bâtiment »	http://www.projet-expert.fr/
BTP Informatique	site d'actualités sur les TIC dans le BTP, avec de nombreuses interviews en vidéo.	http://www.btpinformatique.fr/
National Building Information Modeling Standard (NBIMS)	La bible de la MN standardisée aux USA du 27/10/08	http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf
Management des risques, induits par la mise en œuvre du BIM.	BIM Risk & Rewards, 11/06. « Liabilities and Insurance », introduit la problématique des assurances, droits et exploitation de la MN.	http://academics.triton.edu/faculty/fheitzman/BIMRiskRewards.pdf
	28 th IRMI Construction Risk Conference for BIM, 27 octobre 2007.	http://www.irmi.com/Conferences/Crc/Handouts/Crc28/M3-BIM/StrategicRiskManagementIssuesForBuildingInformationModeling.pdf
	L'aspect légal est abordé par les juristes : risques, propriété intellectuelle, responsabilités.	http://www.ralaw.com/resources/documents/Building%20Information%20Modeling%20-%20Rosenberg.pdf
Projet inPro arrive prochainement à échéance et les conclusions en seront rendues publiques.	Dans l'intervalle, il est possible de devenir membre du « Cluster », cercle de discussion sur les livrables et sur divers documents de travail.	http://www.inpro-project.eu/main.asp
		http://www.inpro-project.eu/cluster.asp
Building SMART	Chapitre francophone : nombreuses références sur le BIM et ses concepts (<i>model view definitions, Information Delivery Manual, International Framework for Dictionaries</i>) et des renvois aux normes ISO	http://www.buildingsmart.com/
	Glossaire	http://www.buildingsmart.com/content/glossary_terms

Administration française L'administration française a mis en place une approche pour l'interopérabilité, qui fait l'objet de la publication référencée ci-dessous.

Entreprise	Article à consulter	
Direction générale à la modernisation de l'État (DGME)	« Référentiel Général d'Interopérabilité »	http://www.references.modernisation.gouv.fr/site/default/files/RGI_Version1%200_0.pdf
		http://fr.wikipedia.org/wiki/Référentiel_général_d'interopérabilité



Éditeurs de logiciel Les produits analysés sont bien entendu présentés sur les sites des éditeurs :

Entreprise	Article à consulter	
Général	Diversité des logiciels et formats de données	http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_CAD_editors_for_AEC
Bentley	http://www.bentley.com/fr-FR/Solutions/	
Autodesk	http://www.autodesk.fr/adsk/servlet/index?id=11927498&siteID=458335	
ESRI	http://www.esri.fr/	
Dassault Systems	http://www.3ds.com/	
	Enovia (PLM)	http://www.3ds.com/products/enovia/welcome/
	Applications à la construction navale	http://www.3ds.com/solutions/shipbuilding/overview/
PI3C	http://www.pi3c.com/	

Utilisations de la 3D et des TIC dans les processus de construction

On commence à trouver des articles de recherche fondés sur des observations empiriques, traitant de la mise en pratique de la 3D dans la conception, notamment sous l'angle du partage de informations entre métiers et des changements apportés dans les processus.

Actuellement, ces articles portent tous sur le secteur de la construction, notamment sur les grands projets comme **l'Opéra de Reykjavik**, et non sur les infrastructures linéaires.

Certains enseignements peuvent cependant être **transposés** :

Auteur	Article à consulter		
Moum, Anita. 2010	<i>Design team stories: Exploring interdisciplinary use of 3D object models in practice. Automation in Construction</i>	Volume 19, Issue 5, August, Pages 554-569	ISSN 0926-5805 DOI:10.1016/j.autcon 2009.11.007
Shen, Weiming et al. 2010 (revue littéraire)	<i>Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review. Advanced Engineering Informatics</i>	Volume 24, Issue 2, Enabling Technologies for Collaborative Design, April, Pages 196-207	ISSN 1474-0346 DOI: 10.1016/j.aei 2009.09.001

3.2 - Modèle global : technologies, processus et compétences (tâche 2)

Objectif : cadrer les analyses de valeur selon les utilisations

La MN s'insère progressivement dans des projets d'infrastructure linéaire.

Par opposition aux projets industriels (aéronautique, automobile, chantiers navals), le projet d'infrastructure se distingue par une diversité de :

- **sujets** : chaque projet est un prototype ;
- **acteurs** : MOA, concepteurs, constructeurs et exploitants, financiers, intervenants extérieurs (administratifs, politiques, influents) ;
- **modalités contractuelles** : classiques, régie par la loi MOP, appels d'offres en lots séparés ou bien appels d'offres sur performances, en conception-construction, PPP ;
- **modalité de réalisation** : ingénierie séquentielle ou concurrente.

De fait, il convient d'établir le modèle global organisationnel du travail collaboratif **autour de la MN** avec pour objectif principal de **cadrer les analyses** de la valeur selon les utilisations.

Les finalités du modèle

Ainsi cette modélisation :

- Identifie et mesure les **valeurs créées** par l'utilisation de la MN.
- Porte sur le **processus d'appropriation** et sur celui de la **validation** des documents successifs de conception et de réalisation dans une perspective d'assurance de la qualité.
- Se préoccupe des conditions imposées par le **travail multi-sites** et par la **complexité** plus ou moins grande des divers éléments constitutifs de l'objet total à construire.

C'est là, la série des tâches essentielles appelée « *Modèle global : technologies, processus et compétences* ».

Approches par objets, acteurs, processus

Il a été décidé d'explorer le modèle global de réalisation d'un projet d'infrastructure selon les éclairages suivants. Chacun a fait l'objet d'un groupe de travail :

- **Approche par objets**, structurée du plus général au plus détaillé, dont la définition s'enrichit au cours du développement du projet.
- **Approche par acteur**.
- **Approche par processus** (conception, construction, exploitation et leurs sous-processus) qui précise l'apport de chaque phase du projet, les entrants et les sortants. Elle donne donc la nature des échanges, les contraintes et les ressources apportées par les acteurs, les interfaces avec les logiciels métiers.

Groupes de travail complémentaires

Cette première analyse a ensuite été complétée par des **groupes de travail** sur une analyse :

- De l'évolution du **processus de validation** induit par l'introduction de la MN.
- Des impacts de la MN sur **les relations contractuelles** du projet (propriété, confidentialité, standards, etc.) ainsi que sur les risques et opportunités dans chaque schéma organisationnel.
- Des systèmes des infrastructures.

Enfin, nous avons rattaché à cette tâche 2 la série de **benchmarks**. Elle a été organisée auprès d'industriels pratiquant depuis une vingtaine d'années le travail collaboratif autour de la MN. La synthèse des benchmarks est restituée dans le module précédent « État de l'art ».

Résumé des analyses

Le résumé de nos analyses se trouve ci-dessous.

Structuration en objets Une structuration de la maquette en objets physiques est proposée, afin d'y attacher des **informations** et de décrire les **relations** entre eux. Elle est présentée dans le livrable L1 (A1 et C). Les objets possèdent des **liens** entre eux et sont contraints par des règles (normatives, par exemple).

Cinq niveaux de définition sont proposés du plus général au plus particulier. Ils portent des informations dans des « **attributs** » qui s'enrichissent au fur et à mesure du développement du projet.

Segmentation des acteurs Une segmentation des acteurs est introduite dans le livrable L1-A2 entre :

- Acteurs **directs** ayant une responsabilité incontournable dans la conception, la réalisation ou l'exploitation de l'opération : MOA, concepteur, constructeur, exploitant.
- Acteurs **indirects** : financeurs, fournisseurs, sous-traitants.
- Acteurs **influent** : administrations, collectivités, riverains, associations.

Les interventions sur la maquette des différentes catégories d'acteurs et les utilisations sont présentés dans le livrable L1-B2.

Déclinaison en processus Une déclinaison en processus d'un projet type d'infrastructure linéaire est esquissée dans le livrable L1-A3.

La méthode SADT utilisée permet d'identifier les :

- **entrants** et **sortants** de chaque tâche qui sont autant d'éléments échangés avec la MN ;
- **contraintes** et **ressources** et la dimension temporelle.

Enfin, le **processus** apparaît comme un ensemble d'actions (étude ou construction d'un ouvrage ou d'une partie d'ouvrage) impactant la maquette au travers de la **modification des attributs** de ses objets.

Impacts contractuels L'analyse a permis de :

- Caractériser les types de **relations** contractuelles entre les acteurs.
- Comparer les **schémas** contractuels des projets.
- Identifier les **impacts** contractuels du travail collaboratif d'une part et de l'utilisation de la MN.

L'analyse a également porté sur la **protection** de la propriété intellectuelle, la protection des savoir-faire et aussi sur **l'incitation** au partenariat sur projet. Le livrable L1-E en présente les conclusions.

Systèmes Le groupe de travail a analysé comment traiter la conception des systèmes avec la MN en distinguant les systèmes :

- **fonctionnels**, composés d'objets en relation étroite pour remplir une fonction bien définie (réseaux d'assainissement, système de péage) ;
- **de conception** qui nécessitent une approche globale utilisant certains attributs des objets (géométrie de l'infrastructure, projet de terrassement).

Ces systèmes sont en général portés par des **métiers spécialisés**.

3.3 - Utilisations et création de valeur (tâche 3)

Objectif

Il s'agit pour nous de répondre à cette question : quelles pourraient être **les utilisations** d'une MN 3D collaborative partagée pour la conception et la construction de projets d'infrastructure ?

Le but est de définir clairement et exhaustivement ce que chaque intervenant **recherche** dans une MN, quelle création de valeur il en **attend** et quelles valeurs il peut y **apporter**.

Méthode

Pour répondre, nous avons mis en œuvre la méthode suivante :

- Définir les **intervenants** principaux (Livrable L1-A2 « Acteurs du projet »).
- Faire la liste exhaustive des **valeurs et usages** et y associer des critères d'évaluation (Livrable L1-B « Création de valeurs par la MN »).
- Utiliser ces résultats pour étayer nos réflexions sur la définition des **spécifications d'organisation** (Livrable L1-C et L1-D).

Nous avons identifié les **grands thèmes** qui nécessitaient de nouvelles réflexions d'organisation. Après remaniement, ils sont devenus les grands chapitres de nos livrables.

Ils sont présentés selon les 2 axes suivants :

- les **organisations** à mettre en place pour créer de la donnée et la manipuler ;
- puis l'analyse des impacts.

Pendant ces réflexions, il nous est paru indispensable d'approfondir la notion de confiance, pour **rassembler** et **responsabiliser** tous les acteurs d'un projet collaboratif.

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.3 - Utilisations et création de valeur (tâche 3) (suite)

Analyses des organisations

Organisation des responsabilités

La mise en place de la MN nécessite plusieurs réflexions organisationnelles.

Les interfaces sont décrites par des relations entre entités. Concernant la description de l'**interface géométrique**, nous nous inspirons des concepts des IFC, et en particulier de la notion d'espace (*space*) liée à ses frontières qui le délimitent (*boundaries*).

Par principe, **une information** d'objet n'a qu'**un seul responsable**. La parfaite définition et maîtrise des responsabilités est un des sujets majeurs pour établir la confiance entre les partenaires.

Ce sujet est détaillé dans le Livrable L1-E1 « *Évolution des schémas contractuels* » et le Livrable L1-E2 « *Appréciation du partage des responsabilités* ».

Organisation de l'information

Il s'agit de la description du **modèle de données** de la MN, c'est-à-dire d'un ensemble d'objets liés entre eux.

Le principe de base est : organisation fonctionnelle et découpage par métier. Un objet est **créé ou enrichi par un seul rôle**. Le découpage en objets (au moins les premiers niveaux) est décrit dans le *Product Breakdown Structure*.

Pour chaque entité, il est important de définir les :

- **informations obligatoires** ; selon la phase d'étude en cours, le niveau de détail évolue dans le temps ;
- **unités** employées ;
- **repères** de référence (position et orientation) ;
- **règles de nommage** des champs alphanumériques libres, pour permettre des recherches sémantiques ;
- **conventions de nommage** des révisions.

Ce sujet est détaillé dans les Livrable L1-C1 « *Structuration d'un projet en Objets* » et L1-C2 « *Modèle de données* ».

Organisation des échanges d'informations

Nous cherchons un **format d'échange neutre** pour la MN, et donc nos réflexions se basent sur un format de type IFC. Ce format comprend des entités, des relations entre entités, et des propriétés. Ces propriétés sont liées aux entités par des relations, et permettent des descriptions complémentaires d'une manière relativement souple. Il faut donc les **réglementer**.

Avoir confiance dans l'échange implique de pouvoir **contrôler la qualité** des données reçues, de se faire aider par un outil « automatique », et donc de définir des règles de contrôle qui peuvent être exploitées par l'outil.

L'**échange de sous-parties** d'un projet réduit le volume des données transmises. Cependant, il conduit à des problèmes d'agrégation, de contrôle de la cohérence globale, de gestion des interfaces, de gestion par rapport aux bonnes mises à jour, de gestion des droits en lecture écriture (droits d'accès).

Ce sujet est détaillé dans le Livrable L1-C3 « *Échange et partage d'informations* ».

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.3 - Utilisations et création de valeur (tâche 3) (suite)

Analyses des organisations (suite)

Organisation de la validation

Le fait de manipuler des informations portées par des objets en 3D volumique a remis en cause le processus de validation actuel basé sur la validation de documents (en particulier des plans).

La première réflexion a porté sur le **changement de niveau** de la validation. Il concerne chaque information et non plus un ensemble d'information qui se trouve sur un document. Cette évolution autorise une certaine **indépendance** de la validation de certaines informations et permet d'être plus réactif.

La deuxième réflexion a porté sur le **workflow** de validation. Il s'agit en particulier de la création d'un **statut d'information partageable** entre le statut de vérification propre et celui d'approbation qui la fige.

La troisième réflexion a porté sur la **gestion de l'évolution**. Il s'agit notamment du fait qu'**en phase transitoire** au moins, il reste possible de maintenir la validation de groupe d'informations sur la base de plans fournis par la MN avec les inconvénients liés à ce processus (gestion des réserves partielles sur un plan).

Enfin, nous avons introduit la nécessaire différenciation entre les données dites « **privées** », « **publiques** », « **confidentielles** » et « **partageables** ». Le processus de validation est donc été entièrement revisité.

Ce sujet est détaillé dans le Livrable L1-C4 « *Processus de validation* ».

Organisation de la confiance

À la suite de ces spécifications sur les besoins organisationnels, les notions de « Confiance et de Comportement coopératif » ont été approfondies.

La confiance est une valeur fondamentale et un outil indispensable. Sans confiance, il n'y a pas de réussite possible.

La confiance a été analysée sous plusieurs axes qui justifiaient l'obligation de bien l'organiser. Il faut :

- Que chacun ait confiance **en lui**, et **en son apport** au projet, à titre individuel. Aujourd'hui, le pouvoir est plus fortement détenu par celui qui dissemine ou fait circuler l'information (ex. : les médias) que par celui qui la possède (sachant).
- Donner confiance **dans le projet**. Dans le secteur de la construction, très morcelé, et où les groupements se font et se défont sur les projets, c'est bien sur le projet que doivent se créer les relations.
- Avoir confiance **dans les outils et les informations** partagées. Cela nécessite la fiabilité des données, leur sécurité, la confidentialité, etc.
- Avoir confiance **dans les autres acteurs**. Celle-ci se base sur la transparence dans le partage des informations.

Néanmoins, « Coopération » et « Concurrence » sont des modes antagonistes. Il faudra donc savoir placer le curseur au bon niveau pour rendre efficace les partenariats.

Ce sujet est traité dans le Livrable L2-B3 « *Développement de la confiance* ».

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.3 - Utilisations et création de valeur (tâche 3) (suite)

Analyse des impacts

La mise en place de la MN a de multiples impacts que nous analysons ci-dessous.

Sur l'aide à la décision

Nous avons spécifié le fonctionnement des simulations, et en particulier la gestion des données et les échanges entre la MN et les logiciels spécifiques métiers.

Nous avons également besoin des outils de requête pour sélectionner les données nécessaires pour prendre des décisions.

Ce sujet est traité dans le Livrable L1-D1 « *Organisation du management de projet* ».

Sur le management de projet

De nombreux processus actuels peuvent être améliorés par l'utilisation d'une MN partagée :

- Liaison avec les logiciels de **planification** (4D) : affichage sous forme d'animation, ou par la génération automatique de plannings « chemin de fer ».
- **Métrés et coûts** : calcul précis et automatique des quantités, standardisation des nommages, liens avec le planning, confidentialité des coûts unitaires, etc.
- « **Ressources** » disponibles : nous avons limité notre réflexion aux ressources attribuées dans le cadre du projet considéré.
- **Risques**. Nous avons limité notre réflexion à l'identification des risques principaux et à leur évaluation.

Ce sujet est traité dans le Livrable L1-D1 « *Organisation du management de projet* ».

Sur le chantier

Nous avons analysé les impacts que la MN peut avoir sur :

- Les **méthodes** et les **outils**. Les ouvrages provisoires sont des objets de la MN. Les outils doivent également être représentés pour expliquer les passages de construction, pour communiquer.
- **L'ergonomie du poste de travail** : outils de simulation des gestes et mouvement de certains opérateurs.
- La vérification de l'**accessibilité**, de la **sécurité** et des **chemins d'évacuation** : compatibilité avec les normes de sécurité au travail.
- La description du **poste et formation** : fiche descriptive des opérations à réaliser, des capacités à posséder, des formations à suivre. La maquette 3D est avant tout un outil de compréhension, d'apprentissage et de formation.
- La **logistique** : aires d'approvisionnement, aide à la gestion des approvisionnements (planification des approvisionnements, surtout sur chantier urbain « étriqué », aide au stockage des matériaux (lien avec logiciels de planification).
- **L'avancement** du chantier : visualisation de l'avancement réel du chantier et des prévisions, visualisation de l'avancement des études, des validations, de l'approvisionnement.

Ce sujet est traité dans le Livrable L1-D4 « *Organisation du chantier* ».

Sur l'exploitation

Nous avons analysé les impacts que la MN peut avoir sur :

- Les **réserves** : outils de relevé des réserves, de gestion des réserves.
- Le **DOE** (Dossier des Ouvrages Exécutés: La mise à jour des informations).
- La possibilité d'embarquer la MN sur un **support « léger »** (portable ou PDA).
- Le **Facility Management** : la récupération des données dans un outil spécialisé, la gestion de la documentation technique associée, les tableaux de bord pour le suivi des prestations (indicateurs de performance).

Ce chapitre est détaillé dans le Livrable L1-D5 « *Organisation de l'exploitation* ».



3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.3 - Utilisations et création de valeur (tâche 3) (suite)

Analyse des impacts (suite)

Sur l'intensité des échanges

Nous avons analysé l'évolution à attendre concernant l'intensité des échanges, porteurs de mûrissement du projet.

La comparaison avec le schéma traditionnel séquentiel a mis en évidence une **concentration** de ces échanges sur le **début** de la conception. Cette anticipation réduit les modifications tardives qui sont les plus onéreuses et permet une maturité plus précoce.

Ce sujet est traité dans le Livrable L1-B3 « *Impacts sur les échanges et les coûts* ».

Les difficultés qui restent à résoudre

Les plus grandes difficultés identifiées qui restent à résoudre sont les suivantes :

■ **Découpage d'un projet en objets** (*Product Breakdown Structure*)

Actuellement, aucune trame de découpage **généralisable** n'existe. Dans le cadre du projet COMMUNIC, seul un principe de découpage a été élaboré sur un type de projet spécifique.

■ **Redéfinition explicite des processus actuels**

Actuellement, la plupart des processus liés au management de projet sont **tacites** au sein des organisations. Ce sont les règles de l'art et le savoir-faire interne qui ne sont que **rarement détaillés** dans les documents internes du fonctionnement des entreprises. Pour les remettre en cause, il faut d'abord les écrire, puis les critiquer et enfin les faire évoluer.

■ **Faire sauter le frein « confiance »**

Il est primordial de **contrôler les données et la qualité** de leurs échanges, et aussi de **garder l'historique** des modifications et des décisions. Pour cela, il nous faut passer d'un système basé sur une définition et une compréhension humaines des données, à un **système orienté « machine »** dans lequel les données numériques doivent être comprises et interprétées par des ordinateurs, afin de faciliter les décisions d'êtres humains.

Les avancées obtenues

Le projet COMMUNIC a permis de progresser sur l'identification de plusieurs sujets complexes même s'il reste désormais à les approfondir, les tester et les expérimenter, avant de les mettre en œuvre sur des projets réels. **La prise de conscience est déjà une avancée considérable.**

Nous considérons que les sujets suivants constituent des avancées importantes :

- **Redéfinition** explicite des rôles et des responsabilités associées pour responsabiliser les acteurs et d'instaurer la confiance.
- **Structuration du modèle** avec le découpage initial du projet et donc, du modèle numérique associé.
- Identification du besoin d'un **format neutre d'échange** commun. Il permettra à chacun d'utiliser les données communes disponibles pour bâtir et étayer sa propre mission de conception.
- **Validation et gestion des modifications** afin d'établir un climat de confiance nécessaire à cette nouvelle manière de travailler.
- Possibilité de **simuler** pour optimiser la conception.

3.4 - Expériences-actions in vivo (tâche 4)

Objectif

L'objectif de la tâche 4 est de tester les concepts et idées dégagés dans les tâches 2 et 3 sur un cas réel :

- **Pertinence du cahier des charges** de la MN du projet, notamment :
 - opérer des applicatifs métiers existants à partir de la MN virtuelle,
 - enrichir la MN à partir des données issues de ces études,
 - accéder aux données de la MN,
 - échanger des données via un format neutre,
 - organiser le travail collaboratif autour de la MN, et en particulier le processus de validation.
- **Amélioration de productivité** (qualité, temps, délai) constaté ou potentiel.

Méthode

La tâche comprend les sous-tâches suivantes :

- choix de **l'ouvrage**, constitution du dossier technique ;
- écriture du **scénario**, enrichissement éventuel du cas réel ;
- établissement du **jeu de rôles**, choix des outils communs et propres à chacun des acteurs ;
- déroulement des **scènes**, compléments logiciels éventuels ;
- évaluation ;
- **finalisation** du cahier des charges et recommandations.

Expérimentation réalisée

Un compte rendu détaillé des tests réalisés dans cette tâche est fourni en annexe du livrable L3 – Programme fonctionnel de la MN. Nous en restituons ci-après les conclusions essentielles.

Nous avons envisagé de conduire l'expérimentation **sur un projet fini**. Nous avons buté sur la difficulté d'obtenir les données.

Nous avons ensuite envisagé de sélectionner **un projet qui démarre**. Nous avons renoncé pour les risques à faire partager avec le maître d'ouvrage et les éventuels délais d'attente de certaines données.

Il s'est donc avéré que l'expérimentation n'était possible que sur un **projet en cours de finalisation**. En effet, en l'absence de MN, c'est le seul qui permettait d'accéder à des données pertinentes et réutilisables.

Le choix s'est porté *in fine* sur l'Autoroute A19.

Écriture du scénario et établissement du jeu de rôle

En s'appuyant sur les constats et les analyses faites durant le déroulement des tâches 2 et 3, il a été établi un **scénario** et une **répartition des rôles** permettant de configurer un programme de tests.

Au fur et à mesure des difficultés rencontrées dans l'expérimentation, il a fallu régulièrement **réactualiser** le programme de tests.

L'ampleur du sujet et la quantité de données générées par un projet réel ont rendu nécessaire la **réduction**, par étapes successives, **du périmètre** de l'expérimentation.

Déroulement des scènes

Le déroulement des scènes (des tests) s'est heurté à la réalité des pratiques et aux limites des outils existants.

Le modèle objet et l'interopérabilité ne sont pour l'instant **pas opérationnels**.

■ Faire émerger le modèle de données

Le modèle de données de départ ne comprend **ni objet, ni 3D volumique**.

Il a donc fallu, à partir des données existantes, **façonner de toute pièce un modèle**. Il correspond à ce qui a été décrit dans les tâches précédentes. Par la même et de ce fait, il a fallu **simplifier** à l'extrême les données du projet existant.

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.4 - Expériences-actions in vivo (tâche 4) (suite)

Expérimentation réalisée (suite)

Déroulement des scènes (suite)

■ Faire communiquer les outils

Les outils d'aujourd'hui ne sont **pas interopérables**. Il a fallu utiliser des outils dont l'utilisation et les fonctionnalités ont été détournés et étendus par **nos propres développements** :

- Créer dans **Sketch-up** à partir de données **GéoMacao**, une maquette d'objets 3D structurés par niveaux.
- Simuler à partir de **ProjectWise**, une arborescence d'objets avec leurs attributs afin de générer et gérer un *workflow* opérable avec Sketch-up.
- Paramétrer **REVIT** pour modéliser un ouvrage d'art en appliquant les IFC.
- Développer et adapter **EVE** (logiciel CSTB) pour importer les objets 3D de *Sketch-up*, de REVIT, de SIG et leurs métadonnées. Visualiser le tout.

Conclusions

Le modèle de données

La conduite de l'expérimentation a donné les principales conclusions suivantes.

L'expérimentation a permis de constater et vérifier que la modélisation des données en 3D est le **point d'entrée incontournable** de la MN. Il est primordial que les données entrantes soient modélisées sous forme **d'objets 3D**.

L'ordre de grandeur du temps qui y a été consacré donne l'importance de l'enjeu, puisque **40% du temps** de l'expérimentation a été dédié à monter un modèle. L'un des enjeux de COMMUNIC est donc bien d'établir les bases d'un **modèle pérenne**.

L'interopérabilité

Le deuxième constat majeur a été de vérifier que l'interopérabilité est **l'enjeu principal** du travail collaboratif.

Les outils couramment utilisés ne garantissent qu'une interopérabilité minimum, insuffisante pour construire une MN.

Il n'existe **pas d'outils passerelles** garantissant l'intégrité des informations à échanger entre les acteurs de tous les métiers, utilisant des outils experts peu communicants. **40% du temps** de l'expérimentation a été consacré à mettre au point de tels outils.

Modéliser c'est déjà jouer les scènes

Finalement, le temps à consacrer à jouer les scènes s'est trouvé considérablement réduit à 5%. Les 15% restants ont été utilisés dans l'écriture du scénario.

En effet, lors de **la mise au point du modèle des données** et des passerelles, **ces scènes** ont été **virtuellement jouées**. Une fois les données modélisées, selon les besoins de l'expérimentation, le fait de jouer la scène n'apportait rien de nouveau dans l'expérimentation.

Productivité

Enfin, il est apparu de façon évidente, par le temps passé, que l'établissement de **standard d'échanges** garantissant l'interopérabilité, est une source immédiate de **gain de productivité**.

Par ailleurs, il apparaît que les outils métiers doivent connaître une évolution significative pour permettre des gains de productivité mesurables dans l'approche d'une maquette d'objets 3D.

La pérennité du modèle, d'un projet à l'autre, en est un **facteur décisif**.



3.5 - Dissémination (tâche 5)

Objectifs

Il s'agissait de :

- communiquer afin de **faire connaître** le projet,
- **recueillir des avis et suggestions** de tous les intervenants dans l'art de construire,
- **diffuser les résultats** du projet,

pour en assurer le développement auprès de tous les acteurs du BTP.

Le plan de communication

Un Groupe Communication a été constitué avec certains partenaires pour **définir et suivre la mise en œuvre** d'un plan de communication.

Il a planifié l'identification des :

- **cibles** externes au projet à contacter :
 - acteurs directs du BTP, notamment les donneurs d'ordre,
 - éditeurs de logiciels,
 - acteurs indirects professionnels tels que Medi@construct, MICADO,
 - porteurs de projets ou programmes similaires,
 - sociétés d'autres secteurs à *benchmarker*,
- **outils** à créer pour assurer à la valorisation :
 - site internet-extranet,
 - document de 4 pages de présentation générale du projet,
 - supports de présentation du projet (Powerpoint) de contenu variable en fonction des cibles,
 - posters en français et en anglais,
- **manifestations** donnant l'opportunité de valoriser COMMUNIC : conférences, colloques, séminaires,

Le plan de communication a enfin intégré la **redaction d'articles** scientifiques par des partenaires du projet.

Réalisations

Des réalisations ont été présentées lors de conférences ou d'entretiens dans le cadre d'organismes tel qu'ADVANCITY.

Réalisation	Contenu
Réunion avec les MOA	Organisée en mai 2009 pour informer les MOA sur les orientations du projet. Ils ont été demandeurs d'informations sur les résultats obtenus.
Contacts avec les éditeurs	Autodesk, BENTLEY, ESRI, Dassault Systems, PI3C.
<i>Benchmarks</i> des autres secteurs	Ont été rencontrées : AIRBUS, DCNS, DASSAULT AVIATION, AKER YARD, PSA. Ils ont été demandeurs d'informations sur les résultats obtenus.
Site Internet	Réservé pour pouvoir être utilisé pour les suites du projet. Le site n'a pas encore été réalisé.
Brochure de présentation	Réalisée et diffusée à nos interlocuteurs à partir de 2008.
Poster COMMUNIC	Réalisé en version française et en version anglaise. Utilisé dans les différentes manifestations auxquelles nous avons participé.

3 - La démarche adoptée et les travaux de recherche

3.5 - Dissémination (tâche 5) (suite)

Réalisations (suite)

Communications sur COMMUNIC

Des communications sur le projet ont été faites dans les manifestations suivantes et d'autres communications sont déjà programmées :

Année	Manifestation
2008	États Généraux de l'association MICADO, association sur le travail collaboratif à laquelle les partenaires du projet ont adhéré
Septembre 2008	EECPPM, à Sophia Antipolis
Octobre 2008	ENBRI (<i>European Network of Building Research Institutes</i>), à Bruxelles
Juin 2009	Congrès de l'Ingénierie des Projets et Systèmes Complexes, à Arcachon
Novembre 2009	Colloque sur les « Routes du futur », à Montbéliard
Juin 2010	ASMDO (<i>Association for Simulation for Multidisciplinary Design Optimization</i>)
Novembre 2010	FNTP (Fédération Nationale des Travaux Publics)
Décembre 2010	PRIT (Paris Région Innovation Tour)
Mars 2011	AFGC (Association Française du Génie Civil)

Publications sur COMMUNIC

Des publications sur COMMUNIC sont en cours d'élaboration dont :

Auteur	Article à consulter	
Brat L. et Konzo D. (2007)	<i>La MN Collaborative : Applications au secteur du BTP</i>	Mémoire de M2 projet innovation conception, Université Paris Est Marne la Vallée.
Vieagas Pires M. et Garel G. (2009)	<i>Apprentissage organisationnel et conception des dispositifs d'expérimentation. Le cas du projet COMMUNIC</i>	XVIIIème Congrès de l'AIMS, Grenoble, 3-5 juin
Garel G. (2009)	<i>Typologie des stratégies de construction de standards : le cas de la MN dans le génie civil</i>	
Bayart D. (2009)	<i>Note pour le groupe COMMUNIC sur les courbes descendantes-ascendantes au fil de la vie du projet</i>	
	<i>Note pour le groupe COMMUNIC sur les échanges pendant le projet et les « savoirs d'interaction</i>	
	<i>Note sur SpeedUp ; Le management des projets par l'expérience</i>	
Garel G.	<i>Typology of standards strategies emergence</i>	Article soumis (octobre 2010) à <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i>
Teulier R. et Rouleau L. (2010)	<i>Middle managers as interorganizational translators: COMMUNIC, a BIM for civil engineering</i>	27th EGOS Colloquium, Gothenburg University, Sweden
	<i>Talk, Text and Tools in the Practice of Strategy</i>	<i>First International Strategy as Practice workshop in North America, August 5, HEC Montréal, Canada</i>
Malavergne F.	<i>Le projet COMMUNIC revue « Travaux »</i>	Décembre 2010 consacré à l'innovation
Garel G. and Vieagas Pires M.	<i>Learning by acting or theatre technology in innovation process</i>	Article en cours de soumission à <i>Organization Studies</i> (décembre 2010).
Garel G.	<i>L'impact de la MN sur l'intensité des échanges en amont des projets de génie civil : le cas du projet COMMUNIC</i>	Article en cours de rédaction (revue visée FCS ou M@n@gement)
Teulier R. et Garel G.	<i>The massive use of simulation in design: organisational implications</i>	Article en cours de soumission à Technovation



Page laissée blanche intentionnellement

4 - Résultats technologiques à l'usage des acteurs des projets

Introduction.....	50
Mise en œuvre de la MN.....	50
Schémas globaux d'architecture	50
4.1 - Les standards d'échange.....	53
Standard d'échange entre les logiciels métiers	53
Logiciels Open Source.....	53
Mise au point des standards	53
4.2 - Les outils métier	54
Choix des outils respectant les standards	54
Acquisition de données du site.....	54
CAO et modeleurs 3D.....	55
Outils de simulation & d'analyses	55
« e-catalogues »	56
Préparation et gestion du chantier	56
Exploitation de l'ouvrage	56
4.3 - Les outils MN	57
Bases d'hébergement des informations	57
PLM	57
Outils de navigation « étendue ».....	58
4.4 - Les équipements	59
Des compléments à la MN pour améliorer le travail collaboratif et la communication.....	59
Une panoplie déjà large et qui se complète.....	59
4.5 - Les plateformes d'interopérabilité et de services	61
Une plate-forme partagée d'innovation et de développement.....	61
Une plateforme de services	61

Introduction

Mise en œuvre de la MN

La mise en œuvre de la MN sur un projet nécessite de choisir les **technologies logicielles et matérielles**.

Ce chapitre est essentiellement destiné aux acteurs qui réalisent les projets. Les éditeurs seront mieux informés sur les résultats technologiques dans le chapitre 7 qui leur est destiné.

Rappel des objectifs

Les objectifs de ces choix sont de :

- **Créer une MN**, la plus fidèle possible à l'infrastructure qui sera réellement construite.
- Permettre et **réaliser des simulations** de phénomènes physiques à partir de cette MN.
- **Gérer l'ensemble des acteurs** qui participent à l'élaboration et à l'exploitation de la MN.
- **Gérer toutes les configurations** (organisation, version et variantes) de la MN.
- Établir des **modes de communication** les plus réalistes et dynamiques possibles vers les futurs clients, exploitants et usagers de ces projets d'infrastructures.

Choisir les bons outils pour le projet

Pour cela, les acteurs du projet doivent faire les bons choix des logiciels et des équipements qui doivent être utilisés sur le projet.

Le présent chapitre regroupe donc les résultats de COMMUNIC en matière de technologies à appliquer. Cela permet à chaque acteur de les intégrer dans les choix qui lui incombent.

Schémas globaux d'architecture

Schéma d'architecture simplifié

Ce schéma met en évidence **l'environnement de la MN** sur lequel porte le modèle global :

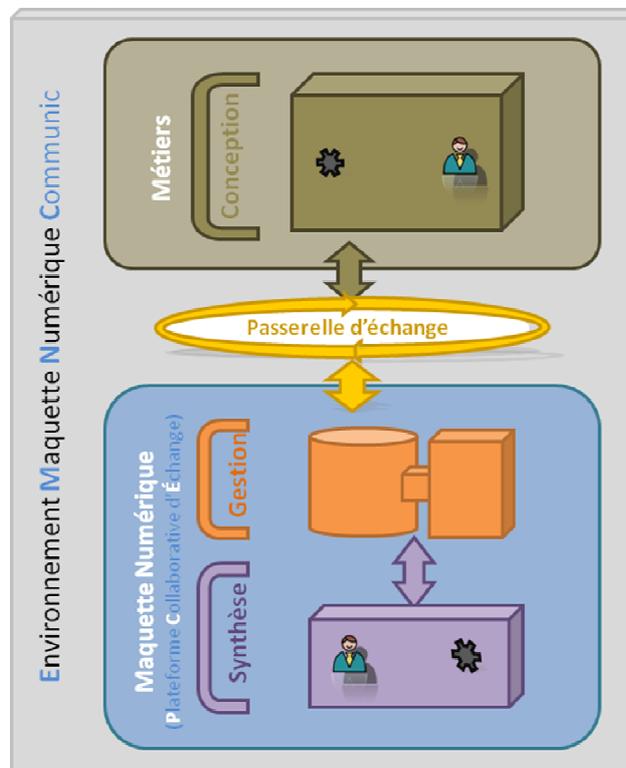


Figure 4-1 : Schéma simplifié d'architecture des fonctionnalités

Schéma d'architecture plus détaillé

Pour chacun de ces ensembles, le schéma ci-dessous classe des fonctionnalités plus précises.

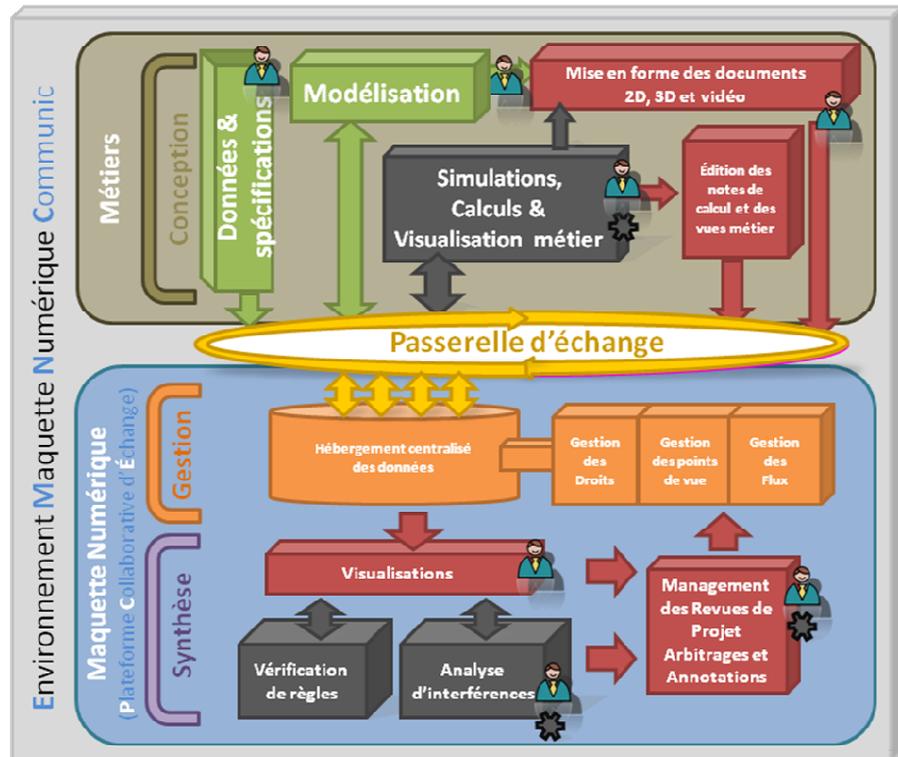


Figure 4-2 : Schéma d'architecture des fonctionnalités élémentaires

■ **Les fonctionnalités Métier**

La **modélisation** du projet avec la **définition géométrique** des objets qui le composent, permet :

- 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.

Les **calculs** justifient le dimensionnement et les caractéristiques techniques en général. Les **simulations** Métier aident à la conception. Il y a aussi les **visualisations** Métier des résultats.

■ **La passerelle**

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

■ **Les fonctionnalités MN**

La **gestion** des informations donne aux acteurs les informations dont ils ont besoin.

La **synthèse** offre :

- la vision complète du projet,
- le contrôle de sa cohérence.

Les outils qui permettent de remplir ces fonctionnalités de MN sont appelés *Outils MN*.

Schéma d'architecture des outils du modèle global

La création, la mise à jour et l'exploitation d'une MN d'infrastructure doit mettre en œuvre des **outils logiciels et matériels** appropriés aux et aux acteurs du projet.

Les besoins sont très variés, l'ensemble des acteurs ayant leurs propres outils **hétérogènes et non interopérables** que la MN va fédérer.

Le schéma suivant présente une architecture générale des outils qui concourent au travail collaboratif.

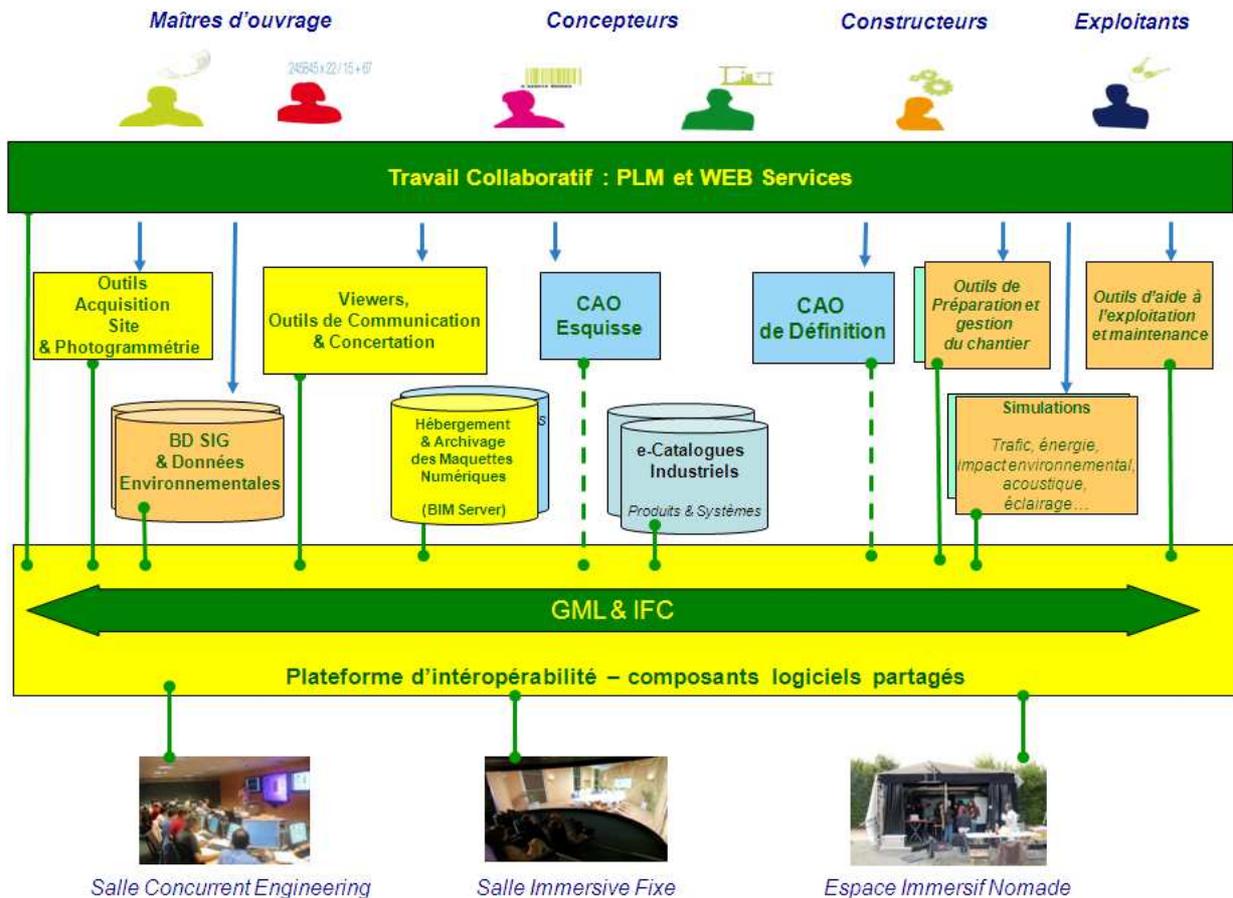


Figure 4-3 : schéma général d'interconnexion d'outils logiciels et matériels pour la création et l'exploitation d'une MN d'infrastructure

Le schéma comporte cinq bandeaux :

Bandeau	Contenu
1 ^{er} bandeau	Acteurs du projet qui utilisent la MN.
2 ^{ème} bandeau	Outils qui leur permettent d'utiliser de manière collaborative et gérée sur le cycle de vie les logiciels.
3 ^{ème} bandeau (central)	Outils, logiciels, bases de données , qui doivent être rendus interopérables.
4 ^{ème} bandeau	Outils ou développement qui permettent l'interopérabilité, en particulier par des standards communs.
5 ^{ème} bandeau	Certains équipements partagés qui peuvent être connectés à la MN et permettre les visualisations du projet à des fins de conception ou de communication.

4.1 - Les standards d'échange

Standard d'échange entre les logiciels métiers

Les travaux COMMUNIC ont confirmé la nécessité de partager un standard d'échange entre les logiciels métiers.

Intégrer les solutions logicielles

Aujourd'hui, aucun éditeur de logiciel, de matériel informatique ou multimédia ne peut prétendre proposer une solution complète permettant de répondre à l'ensemble des enjeux précédemment cités.

La création et l'exploitation de MN d'infrastructure passe donc par l'**intégration** ou l'**interopérabilité** d'un ensemble de **solutions** logicielles et matérielles existantes, certainement à faire évoluer ou à créer.

Ne pas dépendre d'un éditeur unique...

Les partenaires COMMUNIC s'accordent sur le fait qu'ils ne souhaitent pas dépendre, à l'avenir, d'un éditeur industriel unique qui « imposerait » sa solution intégrée COMMUNIC.

... pour favoriser l'innovation de plusieurs

Le maître mot du projet est bien l'interopérabilité. Elle permet d'assurer l'**évolution permanente** et le **dynamisme** des MN, grâce aux innovations permanentes d'une multiplicité d'éditeurs potentiels.

Un standard unique d'échange et non des passerelles entre logiciels

Le développement de **passerelles bidirectionnelles** entre les outils est difficile à maintenir, pour assurer l'interopérabilité entre des logiciels hétérogènes. Le choix COMMUNIC se tourne donc vers des **standards d'échange**.

Parmi ceux-ci, on considère certainement les **standards IFC et CityGML**. Ils commencent à faire ces preuves dans la constitution de MN cohérentes pour l'architecture, l'ingénierie et l'exploitation des bâtiments et des zones urbaines.

Logiciels Open Source

La chaîne logicielle de la MN d'infrastructure peut être composée de logiciels commerciaux et de solutions Open Source.

Des composants Open Source intégrés dans des logiciels commerciaux

Les solutions Open Source sont à privilégier pour des **composants** logiciels :

- pouvant être intégrés à des logiciels (éventuellement commerciaux) ;
- permettant de mettre en commun des fonctions assurant la cohérence et la fluidité de la MN.

Par exemple, la plateforme EVE (CSTB) propose des logiciels « commercialisables » à l'intention d'**utilisateurs finaux** (ex. : architectes ou ingénieurs de bureaux d'études). Elle permet de visualiser une MN et de piloter des outils de simulations.

Mais, elle intègre des composants logiciels Open Source comme *OpenSceneGraph* ou IFC-SDK, utilisés librement par d'autres partenaires du CSTB (ex. : INRETS ou autres partenaire du réseau RST) pour partager des modules communs de visualisation 3D de la géométrie et de gestion d'une MN en format IFC.

Accompagner la diffusion de standards par des composants Open Source

Les standards du type IFC ou CityGML étant des formats riches et complexes, il convient d'**accompagner les éditeurs** dans leurs prises en compte, grâce à des **composants** logiciels, ou **bibliothèques** de programmation (SDK) **Open Source**.

Ces composants peuvent être développés et maintenus par des organismes publics (ex. : CSTB et IGN), qui peuvent assurer la **neutralité** entre les éditeurs de logiciels.

Mise au point des standards

Il s'agit de mettre au point les standards d'échanges qui reflètent les processus et les modèles métiers identifiés par les experts métiers de COMMUNIC.

On peut **s'appuyer sur les organismes** français ou internationaux dédiés à cette problématique (ex. : Medi@construct et/ou BuildingSmart pour les IFC ou OGC pour CityGML).



4.2 - Les outils métier

Choix des outils respectant les standards

Les interfaces respectent les standards

Les processus et les modèles de données COMMUNIC sont rendus publics. Ils sont communiqués aux éditeurs de logiciels intéressés. Ils pourront donc proposer des solutions d'acquisition des données des sites existants (CAO, analyses, simulations, PLM, visualisation/exploration) respectant ces éléments.

A minima, les outils métiers doivent être interfacés avec les standards d'échange COMMUNIC. Pour cela, les éditeurs peuvent s'appuyer sur les composants logiciels Open Source mis à disposition par les organismes publics.

Acquisition de données du site

Outils de capture et de modélisation

Le site existant doit être modélisé avant la modélisation du projet qui s'y intégrera. Il est donc nécessaire de disposer d'outils logiciels et matériels pour acquérir les informations du terrain. Les informations nécessaires existent déjà sous des formes variées : bases de données, levés topographiques.

La planche ci-dessous donne des exemples de systèmes permettant de modéliser un site existant :

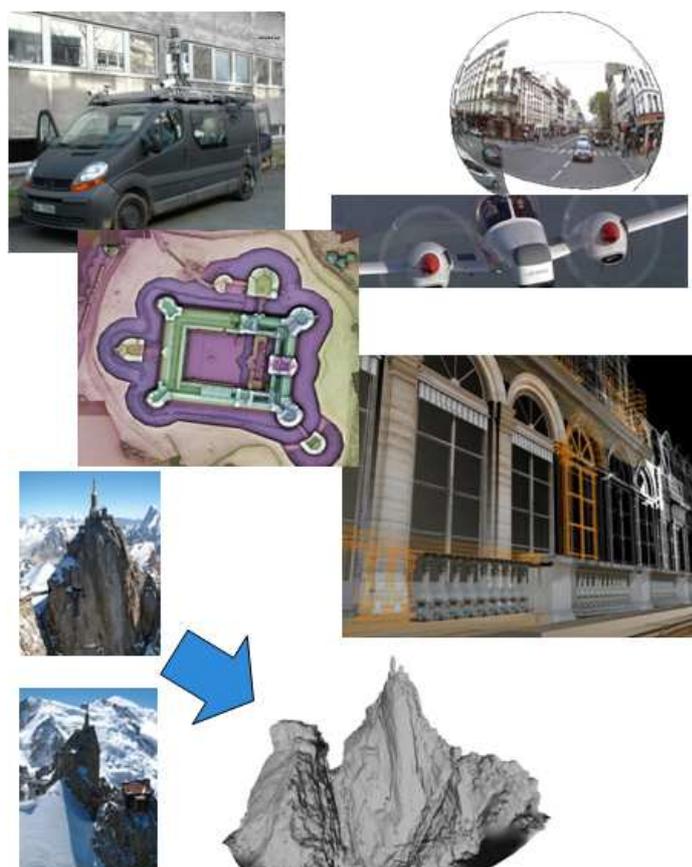


Figure 4.2-1 : outils-véhicules de photomodélisation de l'IGN, de reconnaissance de façades du CEA, ou de photographie 3D du laboratoire IMAGINE (commun au CSTB et à l'ENPC)

Bases de données SIG

Des données sémantisées 2D et 3D des sites existants sont stockées et partagées dans des bases de données SIG, accessibles aux acteurs du projet d'infrastructure. (ex. : le géoportail de l'IGN.)

Elles doivent être connectables avec la MN sous le format standard.

CAO et modeleurs 3D

**Standardiser
les échanges
d'informations**

**Modifier
plus profondément
les modeleurs 3D**

Les outils actuels de CAO sont très variés et chacun est adapté au métier qui l'utilise. Il ne s'agit pas d'aller vers un outil unique de conception pour tous les métiers. Bien au contraire, il faut **conserver la richesse de cette diversité**.

En revanche, il faudra veiller à ce que les données soient échangées avec la MN en **respectant le format** neutre et **le modèle** de données. Cette mise au standard des échanges se fait petit à petit avec la pression des utilisateurs.

Les modeleurs 3D sont utilisés pour créer ou modifier les objets de la MN avec leurs différentes **représentations** et leurs **attributs sémantiques**. Certains sont intégrés dans des outils CAO.

Ils interviennent suivant les stades d'avancement du projet, avec des niveaux de détails différents, de l'esquisse (ex. : Google Sketch-up) à la modélisation de définition détaillée nécessaire à l'exécution (ex. : Revit ou Digital Project).

Ils doivent **respecter le modèle de données** et bien sûr, le format d'échange avec la MN.

Outils de simulation & d'analyses

**Simuler les
conceptions**

La richesse de la MN **3D et sémantisée** permet un grand jeu de simulations et d'analyses des phénomènes physiques avec des logiciels métiers dédiés.

La simulation a une place très importante dès la phase de conception, comme cela est illustré ci-dessous.

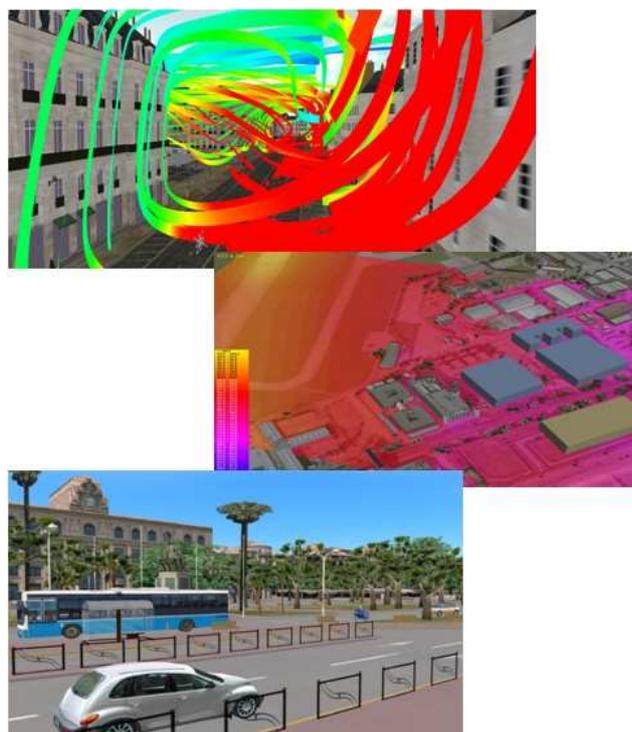


Figure 4.2-2 : exemples de simulations de phénomènes aérauliques, acoustiques ou de trafic, par le CSTB

**Visualiser et
héberger les
simulations**

Les logiciels peuvent **recupérer les données** pertinentes dans la MN.

Ils peuvent utiliser les *viewers* pour **visualiser les simulations**. Les résultats de ces simulations et/ou visualisations peuvent être hébergées dans la MN.

Ces échanges avec la MN respectent les standards de la plateforme d'interopérabilité.

« e-catalogues »

Pour faciliter la création et le renseignement des objets de la MN, l'idéal est de pouvoir **recupérer les informations** des produits et systèmes constructifs existants ou envisagés pour l'infrastructure.

Il suffit de **se connecter à des e-Catalogues** mis à disposition par les industriels de ces produits. Par exemple, St-Gobain a lancé des travaux de configurateurs IFC pour la description et la configuration automatique de ces produits à l'usage des bâtiments.

Là aussi, l'essentiel est le respect des standards d'échange.

Préparation et gestion du chantier

Des outils de préparation, de gestion à connecter

On peut penser à des:

- outils de **planification** et gestion de l'**approvisionnement** ;
- générateurs automatiques de **plans d'exécution** et d'**instructions** pour la construction ;
- outils logiciels et matériels d'**inspection** et **mise à jour** de la MN, depuis le chantier (tablette PC, réalité augmentée, etc.) ;
- outils de réalité virtuelle voire de réalité augmentée pour la **formation des constructeurs** à la manipulation des matériels et systèmes constructifs.

Certains existent déjà, d'autres seront développés en prolongement des fonctionnalités de la MN. Tous devront respecter les standards d'échange.

Des systèmes d'exécution automatiques qui se développent déjà

Les technologies de **géo-positionnement** et d'**asservissement** ont permis le développement du **guidage automatique d'engins**. Ces techniques se développent encore plus avec la MN et son accessibilité directe depuis le chantier.

Il faut en suivre l'évolution et veiller à ce que ces systèmes intègrent le standard d'échange avec la MN.

Exploitation de l'ouvrage

Une maquette ciblée exploitation, extraite de la maquette globale

La MN, précisément mise à jour selon le « **tel que construit** », est utilisée pendant la phase d'exploitation de l'ouvrage.

Elle permet notamment de **repérer et d'identifier tous les éléments non visibles**, tels que les réseaux d'assainissement, de transports d'énergie et de télécommunication.

Elle rend **accessible l'historique** complet de sa construction. L'historique complet est **archivé**. Et pour l'exploitation courante, une maquette ciblée exploitation (moins volumineuse et plus pratique à utiliser) peut être extraite de la maquette globale.

La MN doit être mise à jour lors des phases de maintenance et de réaménagement de l'infrastructure.

Les outils d'exploitation utilisant la MN

Cette MN tenue à jour est un outil où peuvent être connectés les **outils spécialisés de l'exploitation**. On peut penser aux outils de :

- gestion du **trafic**,
- planification de la **maintenance**,
- surveillance du **fonctionnement**.

Les sortants de ces outils sont stockés (au standard) dans la MN.

Les gros travaux

Les gros travaux de rénovation, d'évolution voire de démantèlement peuvent être traités comme de nouveaux projets. En revanche, ils bénéficient d'une **maquette de départ** de l'existant, déjà **structurée, riche** d'informations et **mise à jour**.



4.3 - Les outils MN

Bases d'hébergement des informations

Nous traitons ici de l'outil d'hébergement et de gestion des informations.

Pour partager les données de la MN, pendant les phases de conception et construction, **des bases de données** doivent être mise à disposition. Elles sont accessibles avec des interfaces Web Services⁶ et permettent des accès directs et synchrones depuis les logiciels métiers ou le PLM. On parle de **BIM (Building Information Model) Server**.

Par exemple, pour un stockage en format IFC, un BIM Server Open Source existe déjà, développée par le TNO (centre de recherche hollandais).

Voir : <http://www.bimserver.org>

Dans certains cas, le BIM Server peut être **intégré avec le PLM**.

PLM

Le PLM (*Product Life Management*) et ses WEB services associés, permettent d'accompagner la gestion du projet.

L'outil de gestion de la MN

Il s'agit d'une boîte à outils configurable, en technologies Web, offrant les fonctionnalités suivantes :

- gestion des **besoins**, des **décisions** (respect des engagements) ;
- **hébergement, partage et archivage** des données (via un BIM Server intégré ou connecté) ;
- gestion **documentaire** ;
- gestion des **acteurs**, de leurs rôles et de leurs droits d'accès ;
- gestion des versions, variantes, statuts des **objets** ;
- détection et gestion des **clashes** (éventuellement via un *viewer* intégré ou connecté) ;
- accès aux **applications** et différentes **bases de données** dédiées permettant de traiter et stocker ces données.

Des PLM existent dans d'autres secteurs

Des systèmes PLM existent dans d'autres secteurs, par exemple :

- Windchill de PTC,
- Enovia de Dassault Systèmes,
- Teamcenter de Siemens.

⁶ Un **service web** est un programme informatique permettant la communication et l'échange de données entre applications et systèmes hétérogènes dans des environnements distribués. Il s'agit donc d'un ensemble de fonctionnalités **exposées** sur Internet ou sur un Intranet, par et pour des applications ou machines, sans intervention humaine, et en temps réel (wikipedia).

**Outils de navigation
« étendue »**

**Pour les acteurs
non spécialistes**

Nous traitons ici des outils de navigation et de visualisation, également appelés *viewers*.

Pour permettre à l'ensemble des acteurs du projet de naviguer dans la MN sans être des spécialistes des logiciels de CAO, des outils de navigation et de visualisation simples *viewers* doivent être mis à disposition. Ils offrent également la **possibilité de visualiser** des résultats de simulations de phénomènes physiques.

Par exemple, le *viewer* « eveGIS » du CSTB permet de visualiser une MN urbaine avec des résultats de simulations acoustiques, aérauliques ou de trafic :

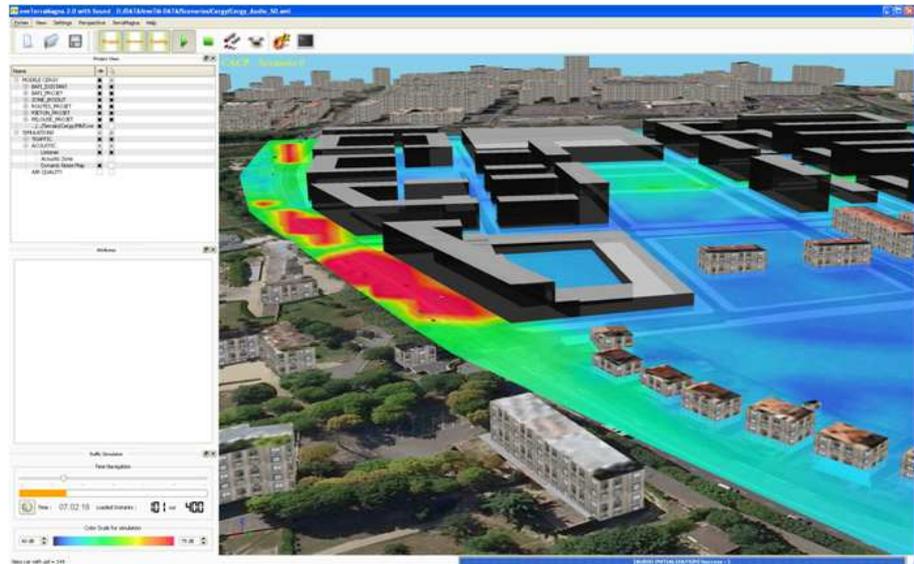


Figure 4.3-1 : Exemple de visualisation des résultats de simulations acoustiques

**Au format
standard**

Les *viewers* doivent permettre de visualiser la MN dans :

- un **format standard** (ex : CityGML ou IFC) au moins pour le **viewer intégré** à la MN ;
- des **formats propriétaires** (ex : DXF) pour les **viewers spécialisés** propres à certains métiers et que l'on a pu classer avec les logiciels métier.

**Des fonctions
de synthèse**

Le *viewer* de la MN doit offrir également des fonctions de synthèse :

- permettre de **superposer** plusieurs vues ou variantes de la MN ;
- aider enfin à la **détection des clashes**.

4.4 - Les équipements

Des compléments à la MN pour améliorer le travail collaboratif et la communication

Il s'agit des équipements matériels qui permettent de valoriser les fonctionnalités de la MN pour améliorer le travail collaboratif et la communication.

Certains sont inspirés d'autres secteurs que nous avons benchmarkés. D'autres sont utilisés dans le secteur des **infrastructures** depuis une dizaine d'années. Par exemple, la salle immersive permet de naviguer dans une maquette virtuelle en temps réel. Cependant, il ne s'agit pas en général d'une MN 3D sémantique et la navigation est surtout destinée à vérifier **l'intégration visuelle**.

Une panoplie déjà large et qui se complète

Pour profiter au mieux des principes de COMMUNIC, en termes d'équipements matériels, il convient de **s'inspirer** des méthodologies et technologies d'autres secteurs comme l'aéronautique ou l'automobile.

Pour être utilisés par le secteur de la construction, les équipements suivants seront adaptés aux outils métiers de la profession :

Type d'équipement	Finalité
Salles d'ingénierie concurrente (<i>concurrent engineering room</i>)	Permet à des ingénieurs et experts de se retrouver dans un lieu commun pour élaborer ensemble, et en quelques jours, l'avant-projet d'infrastructure (voir exemple CNES ci-dessous). Elle inclut une maîtrise d'œuvre pluridisciplinaire pour des sessions de synthèses, fortement interactives, autour d'une MN partagée.
Salle immersive	Permet de naviguer dans une MN, dans un environnement le plus réaliste possible, afin de faire réagir une maîtrise d'ouvrage sur un projet d'infrastructure, avant de lancer sa construction (voir exemple CSTB ci-dessous).
Équipement immersif nomade	Permet d'aller au devant du public, de lui présenter les projets et recueillir son avis en particulier en phase de concertation. (voir exemple Université Paris Est ci-dessous).
Système de réalité augmentée	Permet de comparer l'avancée du chantier de construction avec le projet élaboré et sa MN

Cette liste n'est pas exhaustive et sera à faire évoluer car les développements des outils de communication sont très rapides.

Salle d'ingénierie concurrente du CNES à Toulouse



Figure 4.4-1 : salle d'ingénierie concurrente du CNES à Toulouse

4 - Résultats technologiques à l'usage des acteurs des projets

4.4 - Les équipements (suite)

Une panoplie déjà large et qui se complète (suite)

Salle Immersive du CSTB

La salle immersive permet par exemple de **présenter une MN**, préalablement élaborée, à une cellule de décision (souvent des élus, dans le cas d'aménagement urbain), en immersion et réalité virtuelle. Elle peut aussi être utilisée pour des concours d'architectures.



Figure 4.4 - 2 : Salle Immersive Le Corbusier du CSTB, à Sophia-Antipolis

Espace Immersif Mobile de l'Université Paris-Est



Figure 4.4 - 3 : l'équipement immersif mobile du Lab Urba de l'Université Paris Est

4.5 - Les plateformes d'interopérabilité et de services

Une plate-forme partagée d'innovation et de développement

Les développements des technologies vues ci-dessus seront longs et coûteux. Il faut les **organiser** et en **mutualiser** certains. Une plateforme d'innovation et de développement pourrait répondre à cet objectif.

Aider aux développements de logiciels interopérables

Pour assurer la **fluidité des échanges** d'informations entre les applications logicielles hétérogènes, il faut déployer une plateforme, **basée sur des standards internationaux** comme CityGML et IFC. Les logiciels seront ainsi interopérables.

Au sein de cette plateforme, on trouve des éléments Open Source en libre service. Ils accompagnent les éditeurs de logiciels dans leur interfaçage avec les standards :

- **Supports de formation** aux standards.
- **Bibliothèques de programmation** (SDK /API), dans différents langages (C++, Java, etc.). Elles peuvent être intégrées dans les logiciels métiers (CAO, analyses, etc.) pour assurer la connexion (lecture/écriture) avec les formats de données associés aux standards.
- **Outils de visualisation** de référence. Ils facilitent la compréhension et la navigation dans les données standards et participent à la validation des interfaces des logiciels métiers.
- **Suites de cas tests et des procédures** de tests automatiques. Elles permettent de faciliter la validation des interfaces des logiciels métiers et les préparent ainsi à leurs certifications auprès des organismes de gestion des standards (ex : OGC pour GML ou BuildingSmart pour IFC).

Une plateforme de services

Au delà des développements des outils, il est probable que **l'utilisation** de ces outils sera **partageable** sur des plateformes de services.

Une plateforme pour héberger les projets ou les patrimoines

Cette plate-forme pourra **héberger la MN** d'un projet et en partager l'utilisation entre tous les acteurs. Les maîtres d'ouvrage pourront aussi y **héberger leurs patrimoines** pour en faciliter la gestion et le développement.

Des services adaptés au projet

Les services qui pourront être fournis par cette plateforme pourront être :

- **L'hébergement** et la **gestion** des informations de la MN du projet.
- La **gestion des flux** des informations, des droits des acteurs, des accès, etc.
- Des services d'**aide à la structuration** du projet et de la MN.
- L'utilisation, par exemple en SAS des logiciels que le management du projet aura décidé d'utiliser.
- L'utilisation des équipements tels que les salles collaboratives ou immersives.

Page laissée blanche intentionnellement

5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

Introduction.....	64
Objet : résultats pour les acteurs directs.....	64
Contenu	64
5.1 - Organisation et management du projet.....	65
Introduction	65
Organisation du projet	65
Gestion du projet	66
Autres activités de management.....	67
5.2 - Processus de validation	68
Validation d'informations individualisées.....	68
Classement des informations.....	68
Workflow de validation.....	69
Les revues	69
5.3 - Communication à l'aide de la MN	70
Outil central de la communication du projet	70
Outil de communication à l'intérieur du projet.....	70
Outil de communication externe	71
Conditions et limites d'utilisation de cet outil de communication.....	72
5.4 - Contractualisation, responsabilités et cadre juridique.....	73
Travail collaboratif, partenariat et MN	73
Schémas contractuels.....	74
Impacts contractuels du travail collaboratif	74
Impacts contractuels de la MN	75
Impacts législatifs et réglementaires.....	76
5.5 - Les activités de conception	77
Changement profond de la conception	77
Le nouveau contexte	77
Les impacts du travail collaboratif.....	78
Les impacts de la MN	79
Les contraintes et points de vigilance	81
Conclusion	82
5.6 - Les activités de construction.....	83
Le modèle global et la MN impactent la construction.....	83
Le modèle global pour la construction	83
La préparation du chantier	84
Les documents d'exécution	84
La gestion des travaux.....	85
Le dossier des ouvrages exécutés	85
5.7 La gestion et l'exploitation de l'infrastructure	86
Les utilisations de la MN par l'exploitant.....	86
La gestion de la MN d'exploitation.....	87
Un juste équilibre à trouver	87
5.8 - Le renouvellement et le démantèlement de l'infrastructure	88
Problématique	88
Gestion des informations	88
Pérennité des informations	89
Pérennité de l'accès aux informations	89
Conclusion	89

Introduction

Objet : résultats pour les acteurs directs

Le présent chapitre est destiné principalement aux **acteurs assurant le cycle de vie** d'un projet d'infrastructure, également appelés acteurs directs.

De plus pour les **acteurs des projets**, nous avons séparé les aspects :

- technologiques, décrits dans le chapitre 4 précédent ;
- plus organisationnels, décrits dans ce chapitre.

Note : éditeurs de logiciels et organismes de normalisation trouveront les résultats de COMMUNIC qui leur sont utiles, dans le chapitre 7.

Juste une synthèse

Ce chapitre est juste une synthèse des résultats auxquels nous sommes arrivés. Nos travaux et nos résultats sont détaillés dans les livrables :

- L1 qui décrit le **modèle global** proposé par COMMUNIC.
- L2 qui regroupe nos **recommandations** pour la mise en place de la MN.

Résultats également applicables aux phases amont

Dans le projet COMMUNIC, nous n'avons pas travaillé sur les phases amont des projets d'infrastructures : choix du type d'infrastructure, avant projet sommaire (APS), débat public, etc.

Cela ne veut pas dire que le modèle global proposé ne s'applique pas à ces phases. Bien au contraire, un **travail collaboratif** avec une MN pour ces phases est certainement souhaité et approprié. Simplement dans ces phases, les acteurs directs ne sont pas les mêmes que dans les phases de conception, de construction puis d'exploitation.

La **transposition** est donc tout à fait possible, mais la rédaction du chapitre n'a pas été faite dans ce contexte.

Contenu

Nous avons divisé le présent chapitre en deux grands sous-ensembles :

- activités communes à toutes les étapes ;
- activités majeures du cycle de vie.

Les activités communes à toutes les étapes

Nous présentons dans les quatre premiers modules du chapitre, les activités qui ne sont pas propres à une étape du cycle de vie :

- l'**organisation** et le **management du projet**,
- le processus de **validation** du projet point d'évolution important dans le modèle global,
- la **communication** à l'aide d'une MN dont les acteurs attendent beaucoup,
- la **contractualisation**, les responsabilités qui conditionne évidemment la mobilisation de tous les acteurs, et le cadre judiciaire.

Les activités majeures du cycle de vie

Nous présentons ensuite dans le quatre derniers modules les activités fondamentales du cycle de vie :

- les activités de **conception**,
- les activités de **construction**,
- la gestion et l'**exploitation** de l'infrastructure,
- le renouvellement et le **démantèlement** de l'infrastructure.



5.1 - Organisation et management du projet

Introduction

Tous **les impacts** du modèle global auraient pu être décrits dans ce module sur le management de projet. De même, les **activités traitées** ne se veulent pas exhaustives vis-à-vis des missions définissant le management de projet.

Activités transversales de management

Les activités abordées ci-après ont ainsi été **limitées** aux activités transversales de management qui sont fortement impactées par le modèle global avec l'utilisation de la MN.

Contenu

Nous abordons ainsi successivement :

- l'organisation du projet,
- la gestion du projet,
- les autres activités transversales de management concernées.

Organisation du projet

Dans tout projet, cette tâche est importante. Avec la MN elle devient un préalable à la mise en place du modèle global.

Rôles et responsabilités des acteurs

La définition de l'organisation des acteurs doit être **précise** et **diffusée**.

D'une part, la MN a besoin pour sa gestion de **connaître le profil** de chaque acteur avec :

- sa mission,
- son domaine d'expertise, son métier,
- ses droits,
- ses devoirs,
- les systèmes qui le concernent.

D'autre part, le travail collaboratif est basé sur **la confiance**. Il faut donc que chaque acteur :

- ait une responsabilité claire et connue,
- connaisse les profils des autres acteurs avec lesquels il va échanger.

Enfin, il faut définir qui assure la mission de **gestionnaire de maquette** : mission, ses responsabilités (livrable L2-C2).

Structuration du projet

Après avoir organisé la complémentarité des acteurs, le management de projet doit structurer le projet. Là aussi, cette tâche est fondatrice de la MN :

- **découper** l'ouvrage à construire en objets organisés **en niveaux** ;
- **définir** les **informations** à rattacher aux objets ;
- identifier les **processus** qui fournissent les informations et les **acteurs** qui les conduisent.

Cette structuration est par nature le résultat d'un travail **collectif et collaboratif**. Les *benchmarks* réalisés nous ont montré que cette tâche est **stratégique** et justifie un **travail en plateau physique** avec tous les acteurs. Dans certains projets elle peut durer jusqu'à un an.

Pratiquement, cette tâche est **la plus importante** de la phase de lancement du projet. Le gestionnaire de projet la traduit ensuite dans la MN.

Choix des outils

Parallèlement à l'organisation et la structuration, le management de projet :

- Choisit les outils utilisés pour partager les informations et constituer la MN.
- Vérifie que toutes les **fonctionnalités** attendues sont disponibles.
- Vérifie également les **interopérabilités** des outils des différents métiers avec les outils collaboratifs.

Le livrable L2-A détaille les recommandations relatives à ce choix des outils.

Plateforme de service externe

Le management pourra faire le choix d'externaliser l'hébergement de la MN dans une plateforme de service. Elle protège les systèmes d'information internes des différents acteurs. Elle permet aussi de mettre à disposition des acteurs les logiciels d'usage partagé dans une version unique.



5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

5.1 - Organisation et management du projet (suite)

Gestion du projet

Voyons maintenant la contribution de la MN à quelques unes des activités les plus critiques de la gestion de projet.

Gestion des documents

L'impact du modèle global sur la gestion des documents est évidemment important. La MN est **l'outil de gestion** :

- La mission devient la **gestion des informations** et non plus des documents. Il faut néanmoins **écrire les règles** concernant les informations et leur circulation.
- Il reste encore à gérer des **documents** ; par exemple : types plans d'exécution, dossiers officiels.

Gestion des délais

Les activités de planification et de gestion des délais restent celle du métier spécialisé de **planificateur**.

L'impact de la MN est de **fournir toutes les données** de base. C'est une simplification importante.

De plus, la connexion avec la modélisation des objets dans la MN est possible pour **simuler** le déroulement de la construction ou plus généralement du projet. Il s'agit de la **4D**. C'est une fonctionnalité nouvelle qui s'est développée dans d'autres secteurs et qui est appréciée pour les infrastructures.

Gestion des coûts

Tout comme pour les délais, la gestion des estimations et des coûts reste une affaire de **spécialistes métiers**. Ils sont connus sous les noms de :

- « **Estimateur** » qui estime les coûts de réalisation des objets ou ouvrages élémentaires.
- « **Coûteneur** », gestionnaire du coût du projet qui :
 - collecte les éléments de coûts et de dépenses,
 - les rend homogènes,
 - répartit les provisions pour risques et aléas pour *in fine* obtenir le coût global le plus probable.

L'impact de la MN est là aussi de fournir toutes les données de base. C'est une simplification importante.

La connexion avec la modélisation des objets dans la MN permet une visualisation des affectations des dépenses. Il s'agit de la **5D**.

Gestion des risques

La MN n'est pas un outil de management des risques. Ce management est essentiellement une **affaire d'experts** et il y a assez peu d'outils métier sur cette activité.

Néanmoins, la MN facilite énormément cette maîtrise des risques en :

- mettant à disposition **toutes les données** dont les experts et leurs outils ont besoin ;
- proposant des fonctionnalités de **simulation et d'évaluation** qui aident à l'estimation des risques et à l'analyse des actions de réduction.

Reuves de projets

Les revues de projet vont devenir **centrales** dans les activités de gestion de projet. C'est le cas aujourd'hui pour faire un point régulier sur l'avancement et le déroulement du projet.

Mais demain, avec la MN et le nouveau processus de validation (cf. module suivant), la revue de projet sera le véritable **poste de contrôle** du projet. C'est là que seront prises les décisions sur les conflits entre informations dans la MN. Par construction du processus de validation, ces **conflits** sont **nombreux**.

Ces revues sont en général hebdomadaires. Elles réunissent tous les acteurs en plateaux physique ou virtuel. Des salles collaboratives ont été conçues et sont disponibles à cet effet.



5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

5.1 - Organisation et management du projet (suite)

Autres activités de management

Développement de la confiance

La MN a également un impact favorable sur les autres activités de management de projet recensées ci-dessous.

Le bon fonctionnement du modèle global et de la MN nécessite que le management du projet ait créé la confiance sur le projet :

- entre **les acteurs** pour partager les risques pris en ingénierie concurrente ;
- dans **l'outil** de MN pour la gestion des droits d'accès, la protection des savoir-faire et des propriétés ;
- dans **les informations** pour être sûr que les informations déposées ont la qualité et la fiabilité attendues.

Le management de projet doit prendre les dispositions les plus adaptées au projet pour **créer et maintenir** cette confiance.

Gestion du foncier

L'acquisition et la libération des emprises nécessaires à la réalisation des travaux sont réalisées suivant **le processus actuel** et avec l'aide de la MN. Cette aide se traduit par :

- l'intégration directe dans la MN des **données cadastrales** ;
- la visualisation des **emprises** nécessaires par superposition aux plans cadastraux ;
- la visualisation sur la MN de **l'avancement** des procédures et des acquisitions ;
- la visualisation de **simulations** des disponibilités des terrains en fonction des scénarios de travaux.

Gestion des procédures administratives

Les procédures administratives sont inchangées et les autorisations sont obtenues sur la base des **dossiers règlementaires**.

La MN est alors utilisée pour présenter le projet et en expliquer la conception (cf. module suivant, les avantages de la MN pour les communications externes).

Toutefois, la **dématérialisation des procédures** doit permettre à terme d'obtenir les autorisations par **approbation directe** d'une version de la MN sous un format neutre non modifiable. Cela nécessitera des **évolutions réglementaires et législatives** pour que ce processus soit accepté.

Communication interne et externe

La MN est un outil qui va modifier fortement les actions de communication internes et externes. Ces impacts sont décrits dans le module suivant.

Processus de validation

La MN va modifier profondément le processus de validation. Ses impacts sur ce processus sont décrits dans le module *communication à l'aide de la MN*.

Contrats

Le modèle global basé sur le travail collaboratif et l'utilisation de la MN nécessite que les responsabilités et les devoirs des acteurs soient clairement traduits dans les contrats. Ces impacts sont décrits dans le module *communication à l'aide de la MN*.

5.2 - Processus de validation

Validation d'informations individualisées

De la validation de documents et dossiers à celle des informations

L'unité de gestion de la MN est l'information qui est rattachée à un objet. Les objets sont classés par niveaux pour constituer le projet. C'est donc pour les informations qu'il faut parler de validation.

Aujourd'hui, les processus de validation portent sur des **documents**. On vérifie puis valide tel dossier, on approuve tel rapport, on vise tel plan. Ces documents regroupent plusieurs informations qui ont ensemble le niveau de validation du document qui les portent. Chaque modification d'une information doit générer une **nouvelle version** de tous les documents qui la porte. Chacun doit la repartir dans le circuit de validation.

Avec la MN, chaque information suit le circuit de validation **ne concernant qu'elle**.

Classement des informations

La protection des propriétés intellectuelles et des savoir-faire nous a conduits à distinguer plusieurs classes d'information.

Données publiques vs privées

La première distinction à faire est entre les données :

- **Privées** : accessible seulement aux acteurs qui les génèrent. Leur processus de validation, propre aux acteurs concernés, n'est pas abordé ici.
- **Publiques** : partagées et accessibles tout ou partie des acteurs. Seules ces données font l'objet d'un processus de validation géré par la MN.

Données privées

À l'intérieur des données privées, il convient de différencier les données :

- **Confidentielles** que l'acteur ne met pas dans la MN pour des raisons de sécurité maximale.
- **Non partagées** qu'il dépose dans la MN pour son utilisation personnel de manière à avoir une gestion cohérente de ses données.

Cette distinction est faite par l'acteur concerné et sous sa responsabilité. Son choix n'a **pas d'impact** sur le processus de validation de la MN.

Données publiques

À l'intérieur des données publiques, qui sont toutes déposées dans la MN, il convient de distinguer les données :

- **Partagées** avec certains autres acteurs qui auront à les utiliser.
- **Communes** à l'ensemble des acteurs (utilisables par tous).

La différence entre ces deux types de données ne joue pas sur le processus de validation. Elle se traduit par des droits d'accès différents qui sont gérés par la gestion de droits d'accès de la MN.

Illustration du classement des données

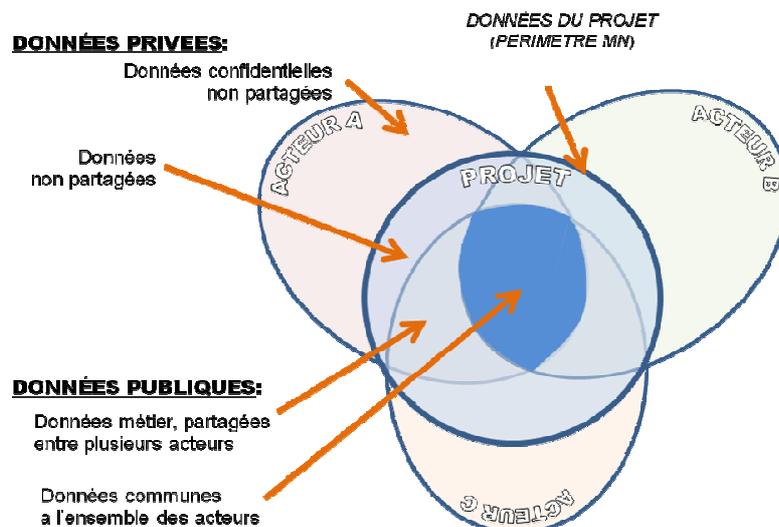


Figure 5.2 – 1 : schéma de classement des données

Workflow de validation

	Le <i>workflow</i> de validation lié à la MN ne concerne que les données publiques.
L'information partageable	<p>Avant d'être publique, l'information est créée par l'acteur métier qui la soumet aux vérifications prévues dans son système qualité.</p> <p>Lorsqu'elle est considérée comme répondant aux spécifications, l'acteur la dépose dans la maquette avec le statut « partageable ». Il en est le propriétaire déclaré et responsable. Il précise si cette information est à la disposition de tous ou simplement de quelques acteurs.</p>
L'information en clash non résolue	<p>L'information reste avec ce statut « partageable » jusqu'à ce qu'un acteur ou la MN détecte un clash avec une autre information.</p> <p>La détection des conflits par la MN se fait par l'outil de vérification des règles ou celui d'analyse des interférences. L'acteur détecteur du conflit le signale au propriétaire et au gestionnaire de maquette. Le statut de l'information passe alors au statut « en interférence » ou « critiquée ».</p> <p>Tous les acteurs sont ainsi informés que cette information n'a plus la fiabilité requise pour être utilisée en confiance. L'information reste au statut « en interférence » jusqu'à ce qu'il soit décidé de la :</p> <ul style="list-style-type: none"> • modifier et elle sera alors périmée, ou • conserver et elle reviendra alors au statut partageable.
L'information approuvée	<p>La première partie du <i>workflow</i> décrite ci-dessus repose sur le constat suivant : tant qu'une information ne gêne pas un autre acteur et qu'elle a été vérifiée quant à sa conformité vis-à-vis des spécifications, elle est utilisable et il n'est pas nécessaire de l'approuver.</p> <p>Néanmoins, il y a des changements de phase qui engagent des dépenses importantes qui peuvent être perdues si des informations sont modifiées trop tardivement. Lors de ces changements de phase, certaines d'informations sont figées, c'est-à-dire qu'elles ne pourront plus être modifiées.</p> <p>Le statut de ces informations passe alors au statut « approuvé ». Ce statut clôt le <i>workflow</i> d'une information.</p>

Les revues

	Les changements de statut des informations sont décidés lors de revues qui regroupent les acteurs concernés et compétents.
La revue de conception	<p>Avant de partager une information, chaque acteur doit en vérifier la qualité. Il en va de la confiance qu'auront les partenaires envers ses données. Cette vérification est une affaire de spécialiste. C'est donc dans son entité que l'acteur doit mener les contrôles prévus par son système qualité.</p> <p>Il nous semble souhaitable que la décision de diffusion et de partage soit prise lors d'une revue de conception interne.</p>
La revue de projet	<p>La revue de projet est un évènement central de l'ingénierie concurrente. La fréquence de ces revues est adaptée au projet et à son avancement. En général c'est de manière hebdomadaire que les acteurs se réunissent autour de la MN dans une salle collaborative (parfois virtuelle).</p> <p>C'est lors de ces revues que sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • analysés les conflits détectés, • faits les arbitrages. <p>C'est en quelque sorte le poste de commande du projet.</p>
La revue de phase	Dans les mêmes conditions que les revues de projet, les revues de phases sont organisées pour approuver certaines parties du projet et autoriser la poursuite dans une phase plus engageante.

5.3 - Communication à l'aide de la MN

Outil central de la communication du projet

La MN est un outil central de la communication du projet :

- **communication interne** au projet, entre les **acteurs directs** qui conçoivent, construisent et exploitent l'ouvrage ;
- **communication externe** entre la **direction** de projet et les **parties prenantes** (cf. L1 acteurs influents). Ces dernières (riverains, élus locaux, acteurs économiques, journalistes, etc.) influencent directement la conception et la réalisation du projet sans pour autant détenir les compétences techniques des experts.

Outil de communication à l'intérieur du projet

Pour les acteurs directs du projet, la MN modifie profondément la communication **intra-métier** et **inter-métiers**.

La communication intra-métier

La communication intra-métier est la base de la collaboration et de la co-conception :

- Partager les **bases de données** en temps réel et de co-concevoir.
- Impliquer une **communication généralisée**, un enregistrement de tous les échanges, des mises à jour de toutes les modifications.
- Partager sur un même métier la **conception** du projet entre les acteurs traditionnels de **l'amont** (les concepteurs) et ceux de **l'aval** (les constructeurs et l'exploitant).

Par rapport aux organisations en plateaux physiques, elle autorise les **plateaux virtuels** qui sont une réponse adaptée à l'éclatement des équipes d'une **production multi-sites**.

La communication inter-métiers

La communication inter-métiers concerne le partage des ressources communes : le temps et l'espace. Il s'agit de faire circuler l'**information mutuelle sur le travail de chacun** qui constitue le contexte de la tâche de l'autre.

Même si la MN donne une grande visibilité du travail de chacun, cela ne suffit pas pour une totale compréhension des spécificités métier, et la coordination des métiers reste une tâche importante du management de projet.

Outil de communication externe

Trois objectifs à la communication externe

La MN doit être utilisée par les acteurs directs pour **informer les parties prenantes** et pour **les convaincre** de la cohérence du projet et du bien-fondé des choix qui sont proposés.

Les objectifs de cette communication sont :

- **Approbations administratives.** Il s'agit de convaincre des administrations, des services techniques de la qualité du projet et d'obtenir les autorisations réglementaires.
- **Concertation publique.** Il s'agit de convaincre les élus, les riverains, les associations que leurs souhaits ont bien été pris en compte dans le projet. La réalisation de ces concertations conditionne la poursuite du projet.
- **Information.** Il s'agit d'informer sur le déroulement du projet, sans que ceci soit bloquant pour la poursuite du projet.

La visualisation facilite la compréhension

Offrant des représentations plus réalistes et moins abstraites des infrastructures, la MN rend plus visibles, dès les phases amont, les résultats des choix qui sont effectués. Elle doit ainsi aider à **éviter les contestations tardives**.

Le recours à la 3D et à la **réalité virtuelle**, développent le « **réalisme** » des représentations. Par exemple, une simulation sonore est beaucoup plus facile à apprécier qu'un tableau de calcul de décibels.

Beaucoup plus largement que les plans, images et maquettes ne pouvaient le faire, la MN est un outil de **facilitation de la communication**.

La communication peut être faite plus tôt et être plus continue

La MN permet de **visualiser en permanence** l'état du projet sans avoir une préparation lourde de supports de communication.

L'implication très en amont des parties prenantes est possible en les impliquant à une étape où ils n'intervenaient pas forcément auparavant. Cela implique de développer certaines **pratiques nouvelles** de discussion, de concertation et d'approbation.

La MN facilite la gestion des communications

Les communications sont gérées par la MN :

- Les modules de synthèse et d'enregistrement des décisions sont utilisés pour sauvegarder la **présentation**, la synthèse des **remarques** et le **dépouillement**.
- Les **simulations** demandées par les parties prenantes sont enregistrées.
- La **prise en compte** des observations ainsi suscitées peut être suivie.

L'information circule en continu

Les parties prenantes sont informées de façon plus continue par des présentations à la demande directement dans la MN.

Si le projet le justifie, il est possible de maintenir une **maquette spécifique à la communication** extraite de la MN et maintenue en cohérence.

Une telle maquette est **consultable** (avec une gestion des droits d'accès) **en permanence directement** par les parties prenantes, éventuellement par le Web.

Conditions et limites d'utilisation de cet outil de communication

Pondérer la notion de réalisme

Nous abordons ici les conditions et limites de la MN en tant qu'outil de communication interne et externe :

- Pondérer la notion de réalisme.
- Fixer des jalons d'irréversibilité.
- Gérer le décalage entre MN et réalisation.

Les parties prenantes doivent être informées sur le « **réalisme** » des représentations.

La MN permet une représentation de l'état du projet à **une date donnée**.

Par des textures fines, des choix de couleurs, des aspects de certains revêtements, des choix d'essences d'aménagements paysagers, le spectateur **visualise** l'ouvrage tel qu'il sera **après construction**. Comme c'est le cas actuellement sur un plan ou un photomontage, certains détails sont la représentation virtuelle de la **future réalité**. D'autres détails ne sont représentés que pour montrer la cohérence d'ensemble du projet et aider à sa compréhension.

Il est prudent de faire clairement apparaître sur les présentations le **caractère non contractuel** des représentations.

En contrepartie et pour aider à convaincre, il faut commenter oralement ce qui dans la représentation est :

- un **rendu réaliste** de l'ouvrage futur,
- encore **susceptible de changer**.

Les conditions et les limites d'utilisation de la MN avec les parties prenantes impliquent donc un certain **apprentissage** pour gérer des modes de communication et d'animation « outillés ». Ce sont donc de nouveaux « **savoirs d'interaction** » qui doivent être développés autour du nouveau média de communication.

Fixer des jalons d'irréversibilité

À l'inverse, lors des présentations, la performance des outils utilisés peut laisser croire que les changements sont toujours possible.

Des jalons d'irréversibilité doivent être bien marqués, les modifications tardives étant sources de **surcoût** et de **conflits**. Ils ont pour rôle de :

- **clore** les phases de discussion,
- **marquer une étape** sur laquelle on ne revient pas et que tous les acteurs peuvent prendre comme base de travail.

Gérer le décalage entre MN et réalisation

Le **risque de décalage** entre la perception des parties prenantes lors de la communication et la réalisation effective de l'ouvrage peut être **limité** en réalisant une activité de communication à **plusieurs étapes** du projet.

Par exemple, avec des animations du projet d'ouvrage sur un site internet, les parties prenantes sont tentées de **vérifier la conformité** de réalisation par rapport à la MN.

Cela confirme la nécessité d'une **mise à jour continue** de la MN et le maintien en cohérence des maquettes extraites.

5.4 - Contractualisation, responsabilités et cadre juridique

Travail collaboratif, partenariat et MN

Ici, le **travail collaboratif** est le fait pour certains acteurs d'un projet de :

- unir leurs efforts,
- mutualiser certaines tâches,
- partager certaines données ou certains outils,

pour réussir et optimiser le projet qui les réunit.

Le **partenariat** est le fait de convenir, au delà d'une méthode de travail, que les gains résultant de la collaboration sont partagés entre les acteurs concernés.

Dans notre contexte, la **MN** est un outil qui facilite le travail collaboratif lorsqu'elle est partagée par plusieurs acteurs et leur fournit des données, des informations et des services.

La MN, le travail collaboratif, les partenariats, peuvent être dissociés

Il est possible d'utiliser et d'imposer une MN **sans avoir** avec et entre les utilisateurs de véritables **partenariats**.

Le travail collaboratif, les accords de partenariats, l'ingénierie concourante sont possibles **avec ou sans MN**.

Un nouveau métier : gestionnaire de MN

La gestion de la MN doit avoir des compétences spécifiques. Cette mission transversale aux différents métiers doit être **mutualisée** et devenir en propre un **nouveau métier**.

Des responsabilités particulières lui sont affectées en particulier pour la :

- **fiabilité** et **disponibilité** du contenu de la MN,
- **confidentialité** des informations qui y sont hébergées.

Les incitations contractuelles au travail collaboratif

Les clauses contractuelles incitatives figurent traditionnellement dans les contrats. Dans les faits, elles sont plutôt une formulation particulière de primes et pénalités qui optimise chacun des contrats, mais pas forcément la globalité du projet.

Les schémas contractuels **incitent plus ou moins** les acteurs à **se mobiliser ensemble** pour optimiser le projet. Le choix des schémas organisationnels doit donc être fait avec cet objectif. Et, la rédaction des contrats doit définir les **droits**, les **devoirs** de chacun des acteurs et la **répartition des risques** (pertes et gains) liés à l'optimisation du projet.

5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

5.4 - Contractualisation, responsabilités et cadre juridique (suite)

Schémas contractuels

Nous n'avons pas analysé tous les schémas organisationnels possibles sous l'aspect contractuel. Nous avons retenus **trois schémas contrastés** qui permettent les adaptations au projet particulier concerné. Le livrable L1-E1 relatif au modèle global détaille ces schémas.

Schéma classique avec MOA public aussi exploitant

Dans ce schéma, le MOA est public et aussi exploitant. Il contracte avec chacun des acteurs de manière **indépendante**.

Schéma en concession simple

Dans ce schéma, le MOA est le concessionnaire, qui rend compte au **concédant**, et contracte avec chacun des acteurs, y compris avec **l'exploitant**.

Schéma avec conception réalisation

Dans ce schéma, le MOA passe un **contrat unique** avec les acteurs chargés de la conception et de la construction. Les autres contrats sont de même type que ceux des schémas ci-dessus.

Types de liens contractuels

Notre analyse nous a amené à identifier cinq types de liens contractuels :

- **Contrats traduits par des marchés, des conventions** : avec constructeurs, concepteurs, prestataires divers, etc.
- **Actes notariés** : avec propriétaires.
- **Autorisations, approbations** : avec administrations.
- **Lois et règlements** appliqués : avec usagers de l'infrastructure.
- **Engagements moraux** : avec citoyens, riverains ou associations.

Impacts contractuels du travail collaboratif

Le travail collaboratif ne peut se mettre en place que lorsque les relations contractuelles sont **clairement définies**, qu'elles sont **équilibrées** et **motivantes** pour chacun des acteurs.

Doivent donc être contractuellement définies les points suivants :

- **Méthode et hypothèses** retenues pour chiffrer l'optimisation du projet : estimation de base, puis gestion des estimations successives.
- **Règles de répartition** des gains ou des pertes.
- **Protection des propriétés intellectuelles** : apports par un partenaire, partage des innovations faites en commun.
- **Engagement de non débauchage** des collaborateurs des partenaires.

5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

5.4 - Contractualisation, responsabilités et cadre juridique (suite)

Impacts contractuels de la MN

Des clauses spécifiques à la MN dans chaque contrat

L'utilisation de la MN sur un projet nécessite de bien définir **juridiquement** et **contractuellement** son statut.

Il faut définir précisément dans le contrat de chaque acteur :

- L'obligation pour chaque acteur d'**appliquer les règles** générales relatives à la MN du projet.
- L'obligation de **fournir** au gestionnaire les **informations partageables** dont il est propriétaire et de les maintenir à jour.
- L'obligation de **vérifier la fiabilité** des informations qu'il récupère dans la maquette pour réaliser ses propres prestations.
- Les principes permettant de **sélectionner les informations à déposer** dans la MN. Il s'agit des informations utiles pour les autres acteurs, mais pas propres à l'acteur considéré qui alourdissent la MN et son utilisation, par leur volume.

Un document général pour définir le statut et les règles

Il faut ainsi définir d'une manière générale dans un **document qualité**, propre au projet et rendu contractuel :

- le **propriétaire** de la MN ;
- le **gestionnaire** ;
- les **formats et standards** à respecter ;
- les **règles de structuration** de la MN (niveaux, classement des informations par objet) ;
- le **processus de validation** des informations **et de gestion** des modifications :
 - données privées, publiques, contractuelles,
 - statut de donnée partageable,
 - niveaux de maturité,
 - détection des « clashes »,
 - arbitrage en revues de projet,
 - approbations de changement de phase,
- les règles définissant les **droits d'accès** à la MN et aux informations qu'elle contient ;
- les règles de **propriété et de responsabilité** des informations ;
- la garantie de pérennité de **l'accès** aux informations à court, moyen et long terme.

Des précautions spécifiques pour les communications, concertations et approbations

L'utilisation de la MN est un **outil très performant** pour les actions de communication, les concertations et les approbations. Il s'agit des présentations du projet aux acteurs indirects ou influents.

La **perception** du projet avec cet outil est néanmoins **propre à chaque individu**. Elle varie selon l'information qu'il recherche et qui n'est pas toujours celle que le présentateur avait ciblée.

Il faut donc se prémunir contre de mauvaises interprétations et dans les présentations publiques, une **mention « maquette non contractuelle »** doit apparaître clairement.

Les **écrits** sont des plans, dossiers, compte-rendus ou relevés de décisions. Ils restent donc, au moins dans un premier temps, les **seuls éléments** ayant une **valeur juridique**, même si la présentation en réalité virtuelle du projet crée une sorte de « contrat moral » avec les interlocuteurs.

À ce titre la conservation de **l'état de la maquette** présentée est nécessaire.



5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

5.4 - Contractualisation, responsabilités et cadre juridique (suite)

Impacts législatifs et réglementaires

Les lois et règlements sont encore fortement marqués par le schéma organisationnel traditionnel avec des responsabilités bien définies pour :

- le **MOA** (maître d'ouvrage),
- le **MOE** (maître d'œuvre),
- le **constructeur** (entreprise).

Par exemple, les pièces contractuelles suivantes sont basées sur ce schéma :

- la **loi MOP**,
- les **CCAG**,
- les **CCTG**,
- les **circulaires** définissant les étapes de réalisation des projets et le contenu des dossiers.

Adaptations à faire ou à poursuivre pour développer le travail collaboratif

La collaboration souhaitée par de **nouveaux schémas organisationnels**, tels que les PPP ou la conception-construction avec la mise en place d'une ingénierie concourante, justifie donc quelques **mises à jour**. On peut par exemple citer :

- La **responsabilité** de la conception partagée entre le constructeur et le concepteur dans un schéma de conception-construction.
- La **mission PRO** (projet) de la loi MOP qui supporte le dossier de consultation des entreprises peut être supprimée dans un schéma de conception-construction.

La maîtrise de l'utilisation de la MN devra devenir un critère de sélection

L'utilisation de la MN est performante par sa généralisation à tous les acteurs. Les acteurs y retrouvent un **gain de productivité**, mais sa non-utilisation crée des **surcoûts** pour les autres acteurs.

L'utilisation de la MN doit donc être rendue **obligatoire**. C'est un critère d'agrément des candidatures et de sélection des offres. A court terme, ce critère est difficile à remplir pour beaucoup de concepteurs ou de constructeurs qui ne maîtrisent pas cet outil.

Enfin, **l'évaluation** de la qualité de la MN en phase d'appel d'offre est **délicate** car on manque de point de comparaison existant.

La dématérialisation des consultations devra être étendue aux dossiers sur MN

Le développement de l'utilisation de la MN conduit à l'utiliser pour les consultations de concepteurs ou de constructeurs. Les offres sont **dématérialisées** dans des « maquettes offres ».

Mis à part les problèmes techniques à résoudre, il faut donner au processus une légitimité analogue à celle mise en place pour la dématérialisation sous supports informatiques sécurisés.

5.5 - Les activités de conception

Changement profond de la conception

Le modèle global et l'utilisation de la MN change profondément la conception des projets. L'ingénierie concourante, le partage des informations, l'association des autres acteurs, les nouveaux outils, les nouvelles méthodes sont des exemples au cœur du changement. Nous en donnons ci-après une synthèse.

Une description complète du modèle global figure dans le livrable L1 (notamment au chapitre D3).

Le nouveau contexte

Les points-clés du nouveau contexte de conception sont repris ci-dessous.

Développement des partenariats sur projets

On constate aujourd'hui que les **schémas contractuels** évoluent vers des partenariats plus ou moins étendus : concessions, PPP, D&B. Ils concernent les autoroutes, les LGV, les lignes de tramway, etc.

Le travail collaboratif se développe également à travers l'**ingénierie concourante**.

Toutes ces évolutions ont un **impact** sur l'activité de conception de ces infrastructures. Le modèle global est une **réponse** à ces évolutions.

Intervention anticipée des constructeurs et de l'exploitant

Ces changements dans la conduite des projets se caractérisent par une conception partagée très en amont.

La prise en compte des méthodes du constructeur ou des besoins de l'exploitant **plus en amont** dans la conception est évidemment une piste d'optimisation globale du projet. La mission de conception doit s'y adapter.

Vision globale du cycle de vie du projet

Dès la conception, il faut avoir une **vision globale** du cycle de vie du projet.

L'association des constructeurs et de l'exploitant dès le début du projet est une réponse à cet objectif, mais le concepteur se doit **d'élargir les objectifs** de sa propre mission.

Cet élargissement à tous les domaines, la prise en compte du développement durable et le cycle complet de vie constituent les **fondements de l'éco-conception** demandée aux concepteurs.

Les impacts du travail collaboratif

L'ingénierie concourante (IC)

Le travail collaboratif consiste à partager un **même objectif d'optimisation** du projet. Dans certains, il se traduit dans un **partenariat** si les gains ou pertes de cette optimisation sont partagés.

Cette communauté d'objectifs conduit à une ingénierie concourante optimisant les délais et les coûts globaux. L'IC est **déjà pratiquée** par les concepteurs **en interne** pour faire travailler ensemble les entités spécialisées dans les différents domaines de la conception.

La nouvelle dimension donnée à la collaboration a un **effet de levier** sur les enjeux.

L'IC est basée sur la transparence et la confiance

L'IC suppose une culture du **partage** qui sous-entend la confiance dans les :

- **Autres acteurs** : probité, fiabilité, compétence.
- **Informations fournies** par les autres acteurs : processus d'élaboration et de contrôle.
- **Informations fournies** aux autres : contrôle interne.
- **Outils** qui gèrent les informations : gestion des droits, des statuts, des validations.

La transparence conditionne la confiance et cette évolution culturelle que l'on constate actuellement est **encourageante** pour le travail collaboratif.

L'IC modifie le séquençage des projets

L'intervention anticipée des constructeurs modifie complètement le schéma séquentiel qui terminait la conception avant de commencer la construction.

Le constructeur peut déjà **préparer son chantier** pendant la construction.

Si le schéma contractuel le permet, la construction de certaines parties de l'ouvrage peut être **anticipée**. Cette anticipation correspond à une prise de risque partagée. Elle est aussi un test d'une solution (remblais d'essais ou prototype par exemple).

Enfin, certaines tâches ou certains dossiers du schéma séquentiel ne trouvent leur justification que dans la **clarification contractuelle des responsabilités**. À titre d'illustration, on peut citer la mission PRO de la loi MOP qui, entre l'avant projet et l'exécution, ne se justifie que pour la **mise en concurrence** des constructeurs et **séparer la responsabilité** du concepteur de celle du constructeur.

Le **séquençage** des projets doit donc être **adapté** aux schémas collaboratifs.

Les impacts de la MN

Les impacts de la MN sont énumérés ci-dessous.

Les avantages de la MN

La MN, en facilitant l'exploitation des données du projet, permet de :

- identifier et maîtriser les **interfaces** ;
- **fiabiliser** les données ;
- **éviter** les **ressaisies** ;
- **visualiser** en amont les propositions des concepteurs ;
- **évaluer** globalement le projet, sur la base d'indicateurs bien choisis ;
- identifier les **pistes d'amélioration** grâce à une vision globale du projet ;
- faciliter :
 - l'établissement de **variantes** ;
 - la prise de **décisions** ;
 - la **validation** des informations ;
- **modifier la géométrie** en fonction des analyses métier ;
- alléger les **reportings**.

Tous ces avantages sont décrits par le modèle global du livrable L1. Nous faisons néanmoins ci-après un focus sur certains impacts.

La structuration du projet

Le modèle global et la mise en place de la MN sont conditionnés par une structuration stricte du projet.

Le découpage en **objets physiques** et en **niveaux** de détails croissants est la base de cette structuration. Il est complété par l'identification de **systèmes** transversaux.

Cette structuration **conditionne les échanges** entre les différents acteurs. Elle doit donc être appropriée par tous et si possible établie en réunissant au lancement du projet, les **experts** des différents acteurs sur un même **plateau**.

Il faut éviter la remise en cause ultérieure de la structuration, même si elle doit être **complétée** au fur et à mesure que le projet se précise.

La modélisation des objets 3D

Le modèle de données de la MN est basé sur des objets 3D volumiques auxquels sont attachées les informations.

Les **logiciels métiers** doivent fournir des résultats cohérents avec ce modèle de données. Pour ceux qui fournissent des attributs aux objets, l'adaptation consiste à **respecter le standard d'échange**. En revanche, pour ceux qui permettent de définir les géométries, il faut qu'ils généralisent la conception en 3D.

Au delà des logiciels, le passage à une conception en 3D nécessite une **modification des méthodes** et une **adaptation des compétences**.

La gestion des variantes

La MN permet de gérer les nombreuses variantes dont l'étude est nécessitée par la conception. Chaque variante fait l'objet d'une **maquette spécifique** extraite de la maquette globale.

La MN :

- Assure la **cohérence** des modifications apportées à toutes les maquettes.
- Fait l'**intégration** de la solution retenue.
- **Archive** les solutions écartées.

Le processus de validation

Les changements dans le processus de validation ont été exposés au module 5.2 ci-dessus. La modification du processus de validation conduit à modifier les processus de conception.



5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

5.5 - Les activités de conception (suite)

Les impacts de la MN (suite)

Les visualisations du projet adaptées aux utilisations

La MN permet une **visualisation globale du projet**, et ainsi le travail collaboratif et la « co-conception ».

Cette visualisation:

- aide à la **structuration** du projet et à la définition des rôles
- permet une meilleure et plus rapide **compréhension** du projet
- catalyse les **idées nouvelles**
- rend **plus efficace** la communication et la concertation
- favorise **l'évaluation** des enjeux pour la prise de décisions.

La MN permet aussi des **visions plus spécialisées** pour chaque métier, système, phase, évaluation (coûts, délais, bruit, pollution, etc.), en fonction de l'échelle et du niveau de détail. Le concepteur peut donc utiliser ces différentes visualisations en fonction des objectifs.

La modélisation du sous-sol

Le sous-sol constitue un objet particulier dont la modélisation est difficile. Les caractéristiques du sous-sol sont utilisées dans la conception de très **nombreux domaines**. Il faut donc que ces caractéristiques soient gérées par la MN pour être partagées.

Elles sont collectées à partir de campagnes de sondages, d'essais et de reconnaissances visuelles. Elles sont **ponctuelles, linéaires ou surfaciques**.

Pour affecter une valeur homogène à un objet volumique, il faut faire des **traitements** statistiques, puis des interpolations et extrapolations. Les objets modélisés sont donc toujours entachés d'une forte **incertitude**.

Les caractéristiques sont très variées ce qui conduit à des modélisations différentes suivant :

- l'utilisation que l'on veut en faire ;
- les caractéristiques qui sont pertinentes : on peut dire qu'il y a autant de modélisation que d'utilisation.

Il faut sans doute retenir un **découpage en objets** ayant une **même nature de matériau** : sable, argile, limon, calcaire, marne, etc.

Pour les utilisations, il faut construire **des systèmes spécifiques** à chacun des **utilisations** :

- conditions d'extraction,
- réutilisation,
- portance,
- hydrogéologie,
- tassements et compressibilité.

La modélisation du sous-sol est donc un problème non résolu complètement. Il faut donc **l'approfondir**, compte tenu de son importance dans la conception des infrastructures linéaires.

Les contraintes et points de vigilance

Avoir un standard d'échange avec les logiciels existants

Pour que la conception basée sur une MN se déroule dans les meilleures conditions, nous avons identifié des contraintes et points de vigilance.

Les métiers mis en jeu dans un projet d'infrastructure linéaire sont nombreux et variés. Ils obéissent à des démarches de travail spécifiques, et suivent des normes qui leur sont propres.

Ils utilisent des logiciels métier dédiés. Ces logiciels sont une richesse qu'il faut conserver. En revanche, il faut qu'ils puissent **échanger avec la MN**. Les entrants et les sortants de ces outils doivent donc respecter le standard commun d'échange avec la MN.

Des responsabilités clairement définies

Le travail collaboratif n'est pas synonyme de dilution de responsabilité. Les concepteurs restent **responsables de la conception**, même si pour la réaliser ils tiennent compte des conditions de construction et d'exploitation. Les **contrats** de groupement rappellent cette responsabilité.

De même, dans la MN, toute information a un propriétaire enregistré. La **responsabilité** de chaque conception est donc **parfaitement gérée**.

En conséquence, toute information de conception doit être **vérifiée** par son propriétaire avant d'être déposée dans la MN pour avoir un statut « partageable ».

La propriété intellectuelle et les savoir-faire sont assurés

Pour garantir la propriété intellectuelle et les savoir-faire, les informations sont qualifiées en :

- **confidentielles** ou non-confidentielles,
- **privées** ou **publiques**.

Cette qualification limite l'accès à ces informations. La **gestion des droits d'accès** est une des premières fonctionnalités de la MN.

Par ailleurs, un concepteur doit rendre publiques dans la MN les seules informations dont au moins un autre acteur a **besoin**. S'il ne souhaite pas que les autres acteurs en aient connaissance, il peut en **réserver l'accès** à l'acteur concerné.

Attention aux anticipations des niveaux de détail

Le concepteur doit maintenir un niveau de détail en adéquation avec l'avancement du projet. En effet, les **facilités** sont offertes par les outils actuels complétés par les fonctionnalités de la MN. Elles peuvent inciter à regarder, dès les premières étapes, les détails d'une solution qui ne sera pas retenue.

Le concepteur doit donc respecter une **progression** évitant des conceptions inutiles. Pour caricaturer, la couleur du garde corps est importante pour le fournisseur de peinture, mais son avis n'est **pas déterminant** pour choisir le type d'ouvrage et *a fortiori* le tracé du rétablissement.

Associer les constructeurs et l'exploitant à la conception **ne doit pas** conduire à étudier complètement et en détail les solutions à comparer.

Conclusion

Adapter le modèle à chaque projet

La méthode de conception doit être **adaptée au contexte** de chaque projet.

A titre d'exemple, la MN, les salles collaboratives, vont ouvrir la possibilité de travailler à distance par plateau virtuel, ou plateforme collaborative.

Ce type de travail n'a pas à être généralisé **ni d'un projet à l'autre, ni pour toutes les phases du projet.**

Une conception plus orientée vers la spécification

L'ingénierie concourante et la MN positionne plus la conception dans un **objectif de spécification** des objets à construire que dans un objectif de prescription pour de futurs marchés de travaux.

La MN, outil de l'« éco-conception »

Depuis quelques années, l'optimisation des projets a vu son périmètre s'élargir successivement :

- Porter sur les **techniques de réalisation** d'un ouvrage d'un métier.
- Porter sur **l'ensemble des métiers** pour rechercher l'assemblage le plus économique.
- Prendre en compte dans les comparaisons les 3 piliers du **développement durable.**
- Considérer le **cycle de vie complet** de l'ouvrage.
- Prendre en compte les **besoins réels** et pas uniquement les services demandés.

La prise en compte de l'ensemble de ces axes d'optimisation correspond à l'éco-conception.

Par l'**ingénierie concourante**, l'association de **tous les acteurs** et la capacité d'**évaluation globale** de la MN, le modèle global de COMMUNIC permet cette éco-conception.

5.6 - Les activités de construction

Le modèle global et la MN impactent la construction

Le modèle global et l'utilisation d'une MN ont un impact fort sur le déroulement de la construction :

- améliorer la qualité du projet,
- réduire les risques d'imprévus,
- transformer les relations avec les partenaires, les sous-traitants et les fournisseurs.

Nous présentons ci-après une synthèse de ces impacts. Ils sont détaillés dans le livrable L1-D4 qui décrit le modèle global.

Le modèle global pour la construction

Voyons maintenant comment le modèle global impacte les activités de construction.

Les constructeurs associés à la conception

Le premier changement est que le constructeur peut-être associé à la conception, dès le début du projet. Il y apporte donc toutes les idées qui optimisent la construction.

Il peut aussi **identifier très tôt** les dispositions de conception qui peuvent poser des problèmes de construction. La disposition est alors :

- **modifiée** ;
- **maintenue**, mais le constructeur recherche très tôt une solution au problème.

Dans les deux cas, la mission du constructeur est **facilitée**.

La MN centralise les données

Lorsque le constructeur découvre le projet au démarrage des travaux, la collecte des informations sur le projet (contenu technique et contexte) est fastidieuse.

Avec une MN, les **informations** sont centralisées en un seul endroit et surtout, elles sont **structurées, fiables et bien identifiées**. C'est l'outil idéal pour le constructeur.

La MN permet de visualiser l'ouvrage

La MN permet aussi de visualiser l'ouvrage à construire. C'est très important pour les constructeurs car les collaborateurs intervenant sur les chantiers ne sont pas personnellement intervenus pour la conception. Ils ont très vite une idée exacte de **l'objet à construire** et en plus ils peuvent avoir sur le même outil, la réponse instantanée aux questions de précision et détails qu'ils se posent.

La MN permet les simulations

La MN permet aux constructeurs de simuler les étapes de la réalisation. Ils peuvent aussi **simuler des incidents, des aléas** et les traduire en moyens nécessaires, en délais et en coûts.

La préparation du chantier

L'ingénierie concourante masque tous les temps de préparation

L'association du constructeur à la conception lui permet de préparer très tôt. Cette préparation est déjà facilitée par la connaissance du projet. L'IC des schémas contractuels collaboratifs dispense aussi de la phase de consultation des entreprises.

Pendant la mise au point du projet, le constructeur peut :

- mettre au point ses **méthodes**,
- mettre en place son **organisation**,
- consulter ses **fournisseurs**,
- passer ses **commandes**.

Le jour du changement de phase « études/travaux », le constructeur est **prêt à démarrer** sur le terrain.

La MN, outil idéal de préparation

Indépendamment du gain en délais, le constructeur a un outil exceptionnel de préparation. La MN lui permet en effet de :

- concevoir ses **méthodes** en les intégrant à la fois dans l'existant et dans le projet à réaliser,
- concevoir les **ouvrages provisoires**,
- d'établir la **planification** du chantier,
- d'identifier des **conflits** soit d'espace soit de temps.

Sur tous ces sujets, le constructeur peut **analyser** et **comparer** plusieurs solutions, les **visualiser**, les **archiver** pour disposer de plans B en réserve.

Durant cette tâche de préparation, les différents services du constructeur (méthodes, études de prix, achats, technique, planification) travaillent **simultanément** sur la même base et le même outil. Il n'y a plus de risque de mauvaise circulation des informations.

Les documents d'exécution

Les éditions papier toujours possibles

La MN a un impact très favorable sur les documents d'exécution, comme on peut le voir ci-après.

Au moins dans un premier temps, les plans d'exécution restent le moyen le plus répandu de communication avec le personnel de chantier. Ils sont stockés dans la MN avec le statut de « **bon pour exécution** » et peuvent être édités à la demande.

Un accès à la MN depuis le chantier

Toutefois, les moyens modernes de communication permettent d'avoir à **distance** un **accès direct** à la MN depuis le chantier. Toute la richesse du contenu de la MN est donc à **disposition sur le terrain**.

Les engins de chantier connectés à la MN

Des équipements existent déjà pour guider les engins de chantier automatiquement au projet. Le conducteur a à sa disposition dans le poste de conduite **une vision temps réel** du projet et de l'exécution. Il peut soit intervenir **manuellement** soit laisser le système travailler en **automatique**.

Ces technologies, basées sur le GPS, le radar et le scanner se développent rapidement et l'arrivée de la MN, avec sa fonction de visualisation des objets à construire, va en accélérer l'utilisation.

Les plans d'exécution ne seront donc plus nécessaires.

La gestion des travaux

La MN a aussi des incidences favorables sur la gestion des travaux.

La MN enregistre en continu l'historique du chantier

Il est possible de tracer en continu l'historique du chantier :

- Les comptes-rendus des **réunions de chantier** sont directement faits sur la MN (outil d'enregistrement des décisions).
- Le **journal de chantier** est directement enregistré.
- Des **mesures automatiques** d'activité sont reliées à la MN. Nous pensons par exemple aux déplacements des engins, aux capteurs des centrales à béton.

La MN permet l'anticipation et la réactivité vis-à-vis des aléas

Malgré une très bonne préparation, les **aléas** de chantier demeurent et ils nécessitent de prendre rapidement des décisions.

La capacité de la MN à **simuler des scénarios** est donc un avantage important pour être **réactifs** et pour dans certains cas **anticiper** la réaction.

La MN outil de reporting

Le partage de la MN entre tous les acteurs rend automatique une grande partie des tâches de *reporting* :

- au MOE,
- au MOA.

Les réunions de chantier doivent se concentrer à la **résolution des problèmes et aux arbitrages**.

C'est un outil de pilotage et de suivi

La MN stockant la totalité des informations, il est facile d'avoir les outils **performants** exploitant ces informations. Ces outils (tableaux de bord par exemple) peuvent concerner :

- l'avancement des travaux
- le suivi des coûts
- les consommations.

Le **suivi** du chantier est donc **facilité** et compte tenu des fonctionnalités de simulations évoquées ci-dessus, le constructeur dispose d'un excellent outil de pilotage.

Le dossier des ouvrages exécutés

Le dossier des ouvrages exécutés (DOE) bénéficie des apports de la MN.

Le DOE est entièrement automatisé

Compte tenu de **l'enregistrement en continu** de l'historique de la réalisation, la tâche (toujours difficile) d'établissement d'un DOE doit pratiquement disparaître.

La MN en fin de chantier peut simplement (ou presque) être **archivée**.

Une MN « allégée » est néanmoins à extraire

Toutefois, il reste à extraire de la MN globale une **MN d'exploitation** qui ne contient pas tout l'historique, mais seulement ce qui a été réalisé. Cela sera utilisé par l'exploitant.

5.7 La gestion et l'exploitation de l'infrastructure

Les utilisations de la MN par l'exploitant

L'une des conditions majeures de succès et d'adoption de la MN dans le cadre d'un projet d'infrastructure, est de pouvoir utiliser les informations **tout au long du cycle de vie** du projet. Cela inclut notamment la longue période d'exploitation des ouvrages.

La MN peut alors être employée comme un outil assistant la gestion et l'exploitation, permettant ainsi de gérer parfaitement le patrimoine.

Avant la mise en service

Avant d'exploiter l'infrastructure mise en service, l'exploitant utilise déjà la MN. En effet, il participe à la conception et au suivi la construction pour prendre sa part à l'**optimisation** de l'ensemble du cycle de vie.

De plus durant la conception et la construction, avec la MN, il a **organisé** son système d'exploitation et fait toutes les **simulations** qui permettent de l'évaluer et l'optimiser.

Une MN de récolement

En fin de construction, l'exploitant reçoit aujourd'hui un dossier papier de récolement qui occupe plusieurs mètres cubes.

Avec la MN, il a accès à la MN « de récolement » qui contient l'ensemble de l'**historique du projet**. Cette MN est l'archivage du projet et l'exploitant y accède pour retrouver des informations si un problème juridique ultérieur survient.

Une MN d'exploitation

Dès la mise en service, l'exploitant dispose d'une MN qui est une extraction de la maquette de fin de construction. Elle contient :

- **Uniquement les dernières versions** des objets et variantes retenues, c'est-à-dire uniquement les ouvrages réellement exécutés.
- Toutes les **informations techniques** nécessaires à la bonne exploitation des équipements (description technique, notice d'utilisation, notice d'entretien).

Le point de vue est différent de la phase de conception et de construction. Il faut en particulier mettre l'accent sur les parties des ouvrages qui nécessitent de la **maintenance** ou du **suivi d'exploitation** (équipements, chaussées, systèmes d'urgence et de sécurité, systèmes de péage, aires de services, signalisation, etc.).

L'objectif est aussi de **tracer** les opérations de maintenance.

Un outil d'entretien et maintenance

Pour l'entretien et la maintenance de l'infrastructure, la MN est utilisée pour :

Utilisation	Caractéristiques
Stockage des informations sur le comportement des ouvrages	Relevés manuels Mesures de capteurs CR des visites de suivi
Travaux d'entretien (chaussées, équipements, fauchages, etc.)	Planification des interventions préventives Organisation des actions curatives Mise à jour éventuelle de la MN Stockage des informations sur les travaux
Petites réparations	Suite aux accidents par exemple
Grosses réparations	Planification Suivi du projet spécifique (voir ci-après)

5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

5.7 La gestion et l'exploitation de l'infrastructure (suite)

Les utilisations de la MN par l'exploitant (suite)

Un outil de gestion de l'exploitation

La MN pour l'exploitation est utilisée pour :

Utilisation	Caractéristiques
Gestion globale des ouvrages, des bâtiments et des équipements	Définition et l'enregistrement d'indicateurs de performance Amélioration des consommations d'énergie, Prestations aux utilisateurs
Gestion des péages	Planification des affectations Indicateurs de performance
Gestion du trafic et son enregistrement	Enregistrement des comptages Information sur les accidents Information sur les travaux Prévisions de circulation Information aux usagers
Étude et l'optimisation de la sécurité	Plans d'intervention des secours Plans d'évacuation Itinéraires de délestage

Pour toutes ces utilisations de gestion de l'exploitation, la MN est utilisé pour héberger les informations et les géolocaliser. En revanche, l'exploitant continue d'utiliser ses logiciels spécialisés dans la gestion d'exploitation.

Un projet spécifique pour les grosses interventions

Les grosses réparations ne sont pas considérées comme des travaux d'entretien. Ils doivent être traités comme des **projets à part entière**.

Dans certains cas, une MN est mise en place par **extraction** des données de la maquette d'exploitation et/ou de celle d'archivage du projet original.

La gestion de la MN d'exploitation

La MN continue de vivre, et donc d'être gérée, pendant la phase d'exploitation.

Les informations d'exploitation au standard

Toutes les informations relatives sont stockées dans la MN en respectant :

- le **modèle de données** retenu pour le projet. L'exploitant a d'ailleurs participé à son élaboration.
- Le **format neutre d'échange**.

La cohérence d'ensemble de la MN est donc gérée et maintenue. Les informations restent donc exploitables.

Les outils sont mis à jour

Les outils de gestion et d'utilisation de la MN sont mis à jour pour suivre les **évolutions technologiques** et les **changements de versions**.

Le respect du standard neutre d'échange est garant de la **compatibilité**.

La pérennité de long terme

La pérennité de long terme est évoquée dans le module suivant.

Un juste équilibre à trouver

Pour certains ouvrages modestes qui, par exemple, demandent **peu de maintenance ou de suivi**, la charge de travail induite par l'utilisation de la MN peut être jugée **trop forte**.

L'exploitant peut choisir **de conserver le système actuel** basé sur la gestion de fichiers, de bases de données indépendantes et de documents papier. Il perd alors les avantages de la MN d'exploitation.



5.8 - Le renouvellement et le démantèlement de l'infrastructure

Problématique

Les infrastructures sont des ouvrages qui ont des durées de vie généralement **longues**, de plusieurs dizaines voire centaines d'années.

Les interventions lourdes sur l'ouvrage

Néanmoins, les services attendus évoluent et il y a des cas où il faut intervenir de manière lourde sur l'infrastructure pour :

- Modifier sa **capacité** (élargissement),
- Modifier ou **ajouter un ouvrage** (ajout d'un rétablissement),
- Ajouter de **nouveaux équipements** (pose de fibres optiques),
- Le **démanteler** et totalité ou en partie.

Nouveau projet

Ces interventions sont de nouveaux projets et sont **gérées comme tels**.

La collecte des données sur l'existant

Comme dans chaque projet, la première tâche consiste à collecter les données sur l'existant et donc sur l'infrastructure. Elles concernent la conception, la construction et l'exploitation.

Aujourd'hui, cette collecte est fastidieuse et souvent très incomplète.

Gestion des informations

La MN apporte immédiatement des bénéfices dans ce type de situation par la disponibilité des informations.

Les informations sur l'infrastructure sont structurées

Le premier avantage de la MN est que les informations sont rattachées à des objets avec une **structuration définie**.

Il ne s'agit pas de chercher sur quel document ou sur quel plan peut figurer l'information avant de se demander où on va trouver ce document. La **logique d'affectation** est connue et enregistrée. Le fait d'avoir une structuration basée sur un découpage en objets physiques la rend **intuitive** même dans plusieurs décennies.

Les informations sur l'ensemble du cycle de vie sont stockées

La MN concentre la **totalité des informations** depuis la conception de l'infrastructure jusqu'au moment où le nouveau projet est initié. Cette affirmation est à pondérer. En effet, il est probable que la MN servant à l'exploitation est une **extraction de la maquette** en fin de construction.

Cette dernière, sans doute très lourde est **archivée** et l'exploitant n'y accède que pour retrouver l'historique du projet de construction (pour des problèmes juridiques par exemple).

La structure de la **maquette d'archivage** est identique à celle de la **maquette d'exploitation**. Leur fusion est toujours possible.

5 - Résultats organisationnels à l'usage des acteurs des projets

5.8 - Le renouvellement et le démantèlement de l'infrastructure (suite)

Pérennité des informations

La pérennité des informations repose sur la durée de vie de leurs supports qui sont inférieures à celle de l'infrastructure.

La durée de vie des supports

On peut consulter à ce sujet le **rapport de l'Académie des Sciences** du 29 mars 2010 relatif à la conservation des archives numériques. Celui-ci fixe entre 5 et 10 ans la durée de vie des supports d'archivage actuels.

Le support de la MN d'exploitation

Le support de la MN d'exploitation ne pose pas de problème car celle-ci est utilisée régulièrement par l'exploitant. Ce support est donc « **vivant** » et **maintenu en état**.

Le support de la MN d'archivage

Pour cette maquette, il peut y avoir un problème si son support n'a pas été changé durant des décennies. Il convient donc que soit mise au point par le maître d'ouvrage une **procédure spécifique** concernant le maintien des maquettes de son patrimoine.

Cas d'une exploitation de l'infrastructure sans MN

En fonction du type, de l'importance et du MOA de l'infrastructure, il est possible que l'exploitation **n'utilise pas la MN** de la construction. Dans ce cas, la MN d'archivage doit être **conservée** comme ci-dessus et pour l'exploitation, il faut revenir aux pratiques actuelles.

Pérennité de l'accès aux informations

Avoir les informations sur un disque informatique ne suffit pas pour pouvoir y avoir accès. Il faut également avoir un logiciel qui sache les **lire** et les **exploiter**.

Les outils seront obsolètes

Il ne fait aucun doute que les logiciels utilisés lors de la construction ne seront plus maintenus et que les outils utilisés dans quelques décennies n'auront rien à voir avec les actuels.

C'est ce qui pose **problème** aujourd'hui parce que les informations ne sont pas gérées en tant que telles et que les seuls éléments qui ont été répertoriés sont des **fichiers de documents**.

Les formats natifs de ces documents ne sont plus accessibles et c'est pour cela qu'il est maintenant imposé de les **archiver sous un format unique** (format PDF).

Par rapport à l'archivage papier, il n'y a pas d'avantage et il faut simplement avoir **maintenu** un outil de lecture des formats PDF.

Le modèle global et le standard neutre garantissent un accès pérenne

C'est pourquoi le modèle global COMMUNIC prévoit :

- une gestion des informations et non des documents,
- un **standard neutre** qui permettra toujours de développer un outil d'accès aux informations si l'outil initial est devenu obsolète.

Cette prescription vis-à-vis de la MN future est le **garant d'un accès pérenne** aux informations.

Conclusion

En conclusion, la MN apporte une **grande amélioration** pour les projets de démantèlement ou les grosses interventions futures. Néanmoins, il faut pour en bénéficier, que les MOA organisent la **conservation des supports** des MN.



Page laissée blanche intentionnellement

6 - La conduite du changement

Introduction.....	92
La conduite du changement	92
Quatre périmètres de changement	92
6.1 - Au niveau de l'individu	93
Le premier niveau	93
Ce qu'il faut changer	93
Ce qui va changer	94
Comment opérer les changements.....	94
6.2 - Au niveau du projet	96
Ce qu'il faut changer	96
Ce qui va changer	97
Comment opérer le changement.....	99
6.3 - Au niveau de l'entreprise	100
Le défi du décloisonnement	100
Ce qu'il faut changer	100
Ce qui va changer	102
Comment opérer le changement.....	102
6.4 - Au niveau de la profession	104
Un changement indispensable à l'échelle du secteur tout entier.....	104
Ce qu'il faut changer	104
Ce qui va changer	105
Comment opérer le changement.....	106

Introduction

La conduite du changement

Dans le présent chapitre, nous présentons comment le changement va devoir être conduit par tous les acteurs. Nous devrions donc plutôt parler « des » changements car c'est bien chacun des acteurs qui s'approprie les enjeux et bâtit son plan d'action.

À compléter par le livrable L2

La lecture de ce chapitre peut utilement être complétée par celle du livrable L2 sur les recommandations, dont une partie concerne les changements à conduire.

Quatre périmètres de changement

Cette présentation est organisée par périmètres successifs :

- l'individu,
- le projet,
- l'entreprise,
- la profession du BTP dans son ensemble.

Le contenu des analyses

Pour chaque périmètre, nous abordons :

- Ce qu'il faut changer pour mettre en place le nouveau modèle global : les **finalités** du changement.
- Ce qui va changer : la **description** des changements.
- Comment conduire ce changement : les **recommandations**

6.1 - Au niveau de l'individu

Le premier niveau

Le changement s'opère tout d'abord au niveau de l'individu, quelle que soit sa place dans l'échelle hiérarchique. En effet, la mise en œuvre d'une nouvelle méthodologie de travail passe par l'adhésion de chaque acteur.

Ce qu'il faut changer

Penser autrement

Pour certains, la véritable révolution réside dans le **travail collaboratif**. Pour d'autres, il réside dans **l'échange d'informations** autour d'un découpage en « objets » du projet.

Dans les deux cas, il s'agit de penser autrement. Pour cela, il faut être prêt à **se débarrasser** des paradigmes, des automatismes, des jalons et autres repères qui permettent de garder le cap en cas de difficulté.

Exemple : un APD de « X », c'est 3 mois de travail, 6 plans par étage, 4 projeteurs.

Pour permettre aux individus de penser autrement, il faut donc que l'entreprise accepte d'encourir des **risques supplémentaires** sur la conduite et les gains du projet. Mais surtout, « penser autrement » passe d'abord par un « **nettoyage** » des idées reçues et une formation appropriée sur le sujet.

Exemple : « tu n'auras pas le temps de monter un modèle 3D et c'est inutile à ce stade » est une réponse fréquente du faite de la confusion très répandue entre MN et modèle 3D.

Se focaliser sur l'échange

Une fois le regard modifié, il faut se focaliser sur le cœur du changement : l'échange d'informations au moyen de la MN. Ce qu'il faut changer :

- Imposer une **base de données** projet unique.
- **Ouvrir** la base de données à tous les acteurs.
- Exiger **l'exploitation** des informations partagées.
- Mettre **l'échange de données** au cœur des réunions de revue de projet.

Il est important à ce stade, de garder en mémoire les objectifs du changement :

- meilleure **co-conception**,
- meilleure **définition** du projet,
- limitation des **risques** d'erreur,
- maîtrise de sa **faisabilité**.

Adopter de nouveaux outils informatiques

L'adoption de nouveaux outils informatiques arrive en dernier, en accompagnement du changement :

- plateforme en réseau,
- logiciels de visualisation,
- formats d'échange de donnée.



Ce qui va changer

Une nouvelle structuration des équipes de travail

Les équipes de travail devront vraisemblablement être restructurées. En effet, la nouvelle productivité induite par le changement s'accompagnera forcément d'une **redistribution** du nombre d'acteurs par catégorie professionnelle.

Par exemple, la diminution des tâches de saisie dessin entraînera probablement :

- une **réduction** des effectifs de saisie dessin ;
- l'exigence, côté projeteurs, d'une **expertise** dans la visualisation des objets dans l'espace et dans la pratique de nouveaux logiciels.

L'apparition de nouveaux métiers

De nouveaux métiers vont apparaître, comme celui de **gestionnaire de MN**. Cette personne sera chargée de :

- **gérer le flux** de données, les interfaces, le contenu des bibliothèques,
- **assurer l'assistance technique** logicielle.

Ce poste nécessite d'avoir une vision globale du projet.

Il s'agit d'ingénieurs, d'architectes, ou de chefs projeteurs confirmés. Ils viendront en appui au chef de projet. Celui-ci devra prendre en compte ce ou ces personnes dans la gestion de son équipe. Cela va modifier également la définition de son propre poste.

Une remise en cause des légitimités

Surtout, le changement va provoquer une remise en cause de la légitimité chez **les référents** des équipes de travail, qu'ils soient directeur de projet ou chef de groupe projeteur, car ils l'ont gagnée grâce à leur expertise dans leur domaine.

L'introduction d'une **nouvelle méthode** de gestion de projet ou d'un **nouveau logiciel** va perturber l'équilibre existant, voire les relations hiérarchiques.

Exemples :

- Un chef de groupe dessin verra sa légitimité remise en cause par un jeune fraîchement formé sur un logiciel de MN.
- Un directeur de projet devra s'approprier l'initiative du changement avant d'accepter de changer son mode de gestion du projet.

Comment opérer les changements

Identifier les freins et les leviers

Après avoir vu ce qui doit changer, et ce qui va changer, voyons à présent comment opérer les changements nécessaires.

La modification des habitudes, la perte de repères ou de légitimité pour ceux qui détiennent le leadership, sont autant de freins au changement. Il est nécessaire de les identifier pour mieux **accompagner** les individus qui pourraient bloquer le processus de changement.

À l'inverse, pour certains, le changement va **profiter** et leur permettre de **progresser** dans l'entreprise. On pourra donc avec profit identifier les leviers qui pousseront « naturellement » à adopter une attitude différente :

- la **complexité** d'un projet ;
- la difficulté de faire de la **co-conception** à distance ;
- les problèmes **organisationnels** dus aux nouveaux contrats : Partenariat Public Privé, Conception-construction ;
- la nécessité de modifier les **rapports de force**.

Enfin, on pourra commencer à **supprimer** en premier les **tâches sans valeur** ajoutée pour les individus. C'est sans doute ce qui provoquera le plus facilement leur adhésion.

Exemple : un projeteur ou un chef de projet est généralement très intéressé par la fonctionnalité « coupe dynamique » des nouveaux logiciels de MN car la reprise de plans et coupes lors des modifications d'un projet est souvent fastidieuse et mal vécue.

6 - La conduite du changement

6.1 - Au niveau de l'individu (suite)

Comment opérer les changements (suite)

Valoriser l'individu À travers l'amélioration de la productivité, on recherchera surtout **l'augmentation du savoir-faire** et la **valorisation de l'individu**. C'est bien lui le moteur du changement, et il tire sa motivation de l'intérêt qu'on lui porte, au sein de l'entreprise, ou sur le marché du travail.

Accompagnement par les RH Il est important d'accompagner le changement par un **plan d'acquisition** de nouvelles compétences au sein de l'ensemble du personnel. Le changement passe parfois par le rétablissement du niveau d'**écoute des individus** au sein de l'entreprise.

Là encore on notera l'importance d'impliquer l'équipe chargée des RH.

Privilégier la progression en équipe La productivité, l'efficacité sur un projet, mais aussi l'image d'une entreprise, sont fortement liés au **travail d'équipe** et à l'**ambiance** sereine qui peut s'y installer. Il est donc préférable de s'appuyer sur les structures d'équipe existantes. On favorisera la progression de **tous les individus** de l'équipe, plutôt que celle d'individus qui « détiennent la vérité ».

Communiquer et afficher la volonté de changer Pour sensibiliser sur la nécessité du changement, on s'attachera à communiquer sur les intérêts et les écueils du changement. L'exposé en interne de **retours d'expérience** sur des projets réalisés avec les nouvelles méthodes, même partiellement, permet de :

- rassurer,
- montrer la marche à suivre et les erreurs à éviter,
- donner envie.

Le mouvement, le **brassage d'idées** autour de soi sont autant de stimulations qui désinhibent et donnent l'audace d'entreprendre quelque chose de nouveau. L'évolution sera d'autant plus facile que l'entreprise affichera sa volonté de changer, par exemple par le biais des listes d'objectif.

Mesurer les gains Pour une communication efficace des effets du changement sur la gestion des projets, on veillera à l'**établissement d'indicateurs** adéquats, qui parlent à chacun, en ciblant les individus à qui on s'adresse.

En effet, la littérature existante sur les méthodes de communication montre qu'il est important, quand on s'adresse à un groupe, de **s'approprier les démarches et les problématiques** de l'ensemble de l'auditoire, avant de communiquer sur un sujet.

Ces indicateurs devront être **mesurables** et refléter le progrès recherché. Selon la cible, on utilisera les moyens nécessaires en **homme/jour** pour produire les documents graphiques, le nombre d'interfaces traitées, le linéaire concerné par la MN, le nombre d'informations tracées, etc.



6.2 - Au niveau du projet

Ce qu'il faut changer

Voir différemment l'organisation du projet

En général, les projets sont aujourd'hui conduits en :

- Répartissant les tâches à réaliser entre les acteurs.
- Contractualisant ces missions avec chacun.
- Vérifiant que chacun fait bien ce qu'il doit faire en matière de qualité, coûts et délais.

Pour un travail collaboratif avec la MN, il faut bien sûr continuer à donner un cadre contractuel à chacun. La véritable optimisation du projet sur tout son cycle de vie résulte de la performance de la **collaboration**. Celle-ci dépend :

- de la **culture** et de l' « **ambiance** » du projet,
- des **outils** mis à disposition,
- des **méthodes** utilisées.

Développer une culture de partage

Les acteurs actuels ont trop souvent le réflexe de **garder** pour eux leur savoirs, leurs idées, leurs doutes, pensant ainsi valoriser leurs contrats sur le projet.

Le premier élément qui permet de valoriser un contrat doit être le **bon déroulement** et l'**optimisation** du projet auquel il se rapporte. Les **retombées** sont alors toujours **positives** pour tous les acteurs, quel que soit le schéma contractuel.

Au delà de l'impact financier, il faut aussi convaincre chaque acteur de l'**apport** des autres acteurs et métiers à sa propre prestation. Cet apport résulte :

- des **idées** des candides dont le bon sens enrichit parfois son expertise ;
- de la meilleure connaissance du **besoin et des contraintes des autres** métiers qui lui évite de vouloir résoudre des problèmes secondaires ;
- de la meilleure connaissance par les autres métiers de **ses propres contraintes** qui permet aux autres métiers de modifier leur conception pour faciliter sa conception.

Il faut enfin **rassurer** chaque acteur sur l'éventuelle perte de son savoir-faire et le risque des « apprentis sorciers » qui pourraient réaliser sa prestation à sa place. Connaître les autres acteurs est le meilleur moyen de valoriser et protéger son savoir-faire.

Le développement des schémas de conception-construction a fait **progresser** certains acteurs dans ce sens. La notion d'entreprise étendue s'est aussi fortement **développée**.

Il faut maintenant **faire sauter les verrous** qui freinent encore la généralisation d'une culture de partage.

Disposer d'un outil de partage

Chaque métier a développé les outils logiciels qui lui permettent de réaliser sa prestation. Certains outils transversaux comme les GED, les SIG, les outils de gestion de projet ou ceux de capitalisation sont apparus depuis quelques années.

En revanche, dans le secteur du BTP, **il n'existe pas** de véritable outil de partage des données et des informations sur le projet. Il faut en créer un.

Disposer de standards d'échange évitant les ressaisies

Les outils actuels des différents métiers sont une exceptionnelle richesse. Tous les acteurs souhaitent les rendre **interopérables** de manière à éviter les ressaisies et réaliser des simulations croisées.

Il faut absolument **faire émerger des standards** qui faciliteront les échanges de données et informations.

Comprendre le projet et les métiers qui le composent

La conception des projets est faite par des spécialistes avec des codes et des représentations qui ne sont compréhensibles que par eux. Cette **incompréhension** est **source de dysfonctionnements** et d'obstacles à l'optimisation.

Pouvoir voir l'ouvrage à construire et les objets qui le composent avant sa réalisation est un outil à fournir aux différents acteurs :

- **concepteurs** pour optimiser les conceptions,
- **constructeurs** pour optimiser la réalisation,
- **maître d'ouvrage** pour suivre le projet et le valider,
- **exploitant** pour anticiper son système d'exploitation,
- **administrations** pour faciliter les approbations,
- **riverains et autres parties prenantes** pour comprendre le projet et donc l'accepter ou le soutenir.

Avoir confiance

Le travail collaboratif nécessite que chaque acteur ait confiance dans :

- **l'outil** de partage qu'est la MN, et en particulier dans sa gestion des droits et des statuts
- les **données et informations** qu'il trouve dans la MN,
- les autres **acteurs** qui fournissent les informations et avec lesquels il partage l'objectif de réussite du projet.

Ce qui va changer

L'évolution verra les échanges entre acteurs passer du **support papier** ou plans vers celui d'une **MN**. Elle a déjà eu lieu ces dernières années dans d'autres secteurs d'activité. Elle est **inéluçtable** dans le secteur des infrastructures.

Une MN partagée par tous les acteurs pour faciliter le travail collaboratif

Tout comme les projets font aujourd'hui appel à des outils tels que les GED, ils utiliseront demain une MN pour :

- **héberger** et gérer les données et **informations** du projet
- permettre à chaque acteur du projet d'**accéder** à ces informations tout en gérant les droits d'accès de chacun
- **visualiser** le projet, les objets qui le composent et le résultat des diverses simulations réalisées.
- gérer l'ensemble du **cycle de vie** du projet, de sa conception à son exploitation voire son démantèlement.

Une structuration du projet commune à tous les acteurs

Aujourd'hui, chaque acteur structure seul la partie du projet qui le concerne. Il définit seul ce dont il a besoin et ce qu'il fournit en résultats.

Ceci conduit chaque acteur à chercher dans les sortants des autres acteurs comment il va trouver les éléments dont il a besoin.

La MN conduit l'ensemble des acteurs à structurer le projet pour que **chacun trouve ses entrants dans les sortants des autres**.

Cette structuration commune est élaborée dès le début du projet et ses évolutions sont ensuite gérées.

Des standards pour échanger les données et informations

Afin de minimiser les tâches liées à la récupération, dans la MN, des informations et leur utilisation dans des outils métiers, des **standards communs** à la maquette et le maximum d'outils métiers vont voir le jour.

Des conceptions de plus en plus en trois dimensions : la 3D

La constitution d'une MN nécessite de **modéliser en 3D (volumes et attributs)** les objets qui la composent.

Certains outils métiers conçoivent déjà en 3D. D'autres sont encore basés sur une conception 1D (synoptiques par exemple), 2D (POS par exemple), 3x2D (tracés par exemple). Ils vont évoluer vers la 3D (en respectant les standards communs) pour **pouvoir échanger automatiquement** avec la MN.

Des schémas contractuels beaucoup plus collaboratifs

Les partenariats entre acteurs se développent de plus en plus et les contrats correspondants se développeront de plus en plus : Partenariats Publics Privés (PPP), **concessions, conception-construction**.

Ils concernent actuellement surtout les grands projets, mais l'évolution vers ce schéma contractuel est probable pour les moyens et même petits projets.

Des plateformes collaboratives pour héberger les projets

Des espaces collaboratifs sont déjà proposer pour partager (sous formats informatiques) les documents d'un projet.

Des plateformes collaboratives voient le jour dès maintenant pour proposer des services plus étendus, comme elles sont apparues dans d'autres secteurs :

- hébergement de la MN du projet
- assistance à la structuration du projet pour la MN.
- gestion des données et informations,
- gestion des droits d'accès des différents acteurs du projet,
- mise à disposition des outils (transversaux, voire métiers) choisis pour la conduite du projet,
- mise à dispositions de salles collaboratives notamment pour réaliser des revues de projet
- mise à disposition de salles immersives fixes ou nomades permettant de présenter le projet en réalité virtuelle à des auditoires externes au projet,
- maintien de la MN au-delà de la fin de réalisation du projet.

Comment opérer le changement

Être pragmatique et agir dans la durée

Après avoir vu ce qui doit changer, et ce qui va changer, voyons à présent comment opérer les changements nécessaires.

Les évolutions décrites ci-dessus seront forcément progressives :

- Des outils sont à développer ou a minima à adapter.
- Des standards sont à développer. D'autres existent déjà et ne nécessitent qu'une adaptation aux infrastructures.
- Les technologies changent très vite et leurs évolutions seront en permanence porteuses de fonctionnalités supplémentaires.
- Les évolutions méthodologiques, culturelles, législatives ou règlementaires sont toujours longues à se concrétiser, mais certaines sont déjà en cours.

Il faut donc faire preuve de pragmatisme et **ne pas attendre que tout soit opérationnel** pour commencer à mettre en place une démarche collaborative basée sur une MN. Certaines briques sont utilisables dès aujourd'hui et c'est par une mise en application sur les projets réels que le changement pourra être conduit avec succès.

Reste à choisir les projets pour commencer l'évolution.

Démarrer par un métier pour une phase du projet

Il ne semble pas obligatoire de mettre en place une maquette générale sur la totalité d'un projet. **Certains métiers sont plus en avance** que d'autres pour travailler ensemble autour d'une MN et certains standards sont presque disponibles.

Il nous semble donc possible :

- de choisir dès maintenant **un domaine** d'un projet, ouvrages d'art par exemple ;
- de choisir **une phase de réalisation**, plans d'exécution et travaux par exemple ;

et de mettre en place une MN pour gérer les échanges sur ce domaine dans cette phase.

Choisir un projet moyen avec un risque limité

Un des freins à la mise en place de la démarche peut être dû aux risques pris en délais et coûts à cause des problèmes de mise application qui seront rencontrés.

Un projet de taille modeste, avec des **délais pas trop contraints** et avec un **nombre limité d'acteurs** pourra supporter un travail collaboratif. Cela est vrai même si tous les outils ne sont pas disponibles et qu'il y aura donc quelques ressaisies et formatages manuels à faire.

Choisir un grand projet pour une avancée majeure amortissant les investissements

Une autre opportunité est de trouver un grand projet qui regroupe des acteurs motivés par ce changement. Il sera alors possible de mobiliser les **moyens humains et financiers plus importants** qui permettront de développer les outils manquants.

Ce développement sera amorti partiellement sur le projet par les gains (de délais, de coûts et de qualité) générés par un travail collaboratif plus performant.

6.3 - Au niveau de l'entreprise

Le défi du décloisonnement

Le défi est de remettre en cause les habitudes et de décloisonner l'ensemble des équipes qui œuvrent sur le même projet. Cela doit être fait au sein de chacune des entreprises, ces dernières ayant tendance aujourd'hui à travailler « seules dans leur coin », pour des raisons de responsabilité contractuelle, de confidentialité ou de préservation et protection de leur savoir-faire.

Les bénéfices de la MN ne seront pleinement accessibles qu'en **réorganisant** l'entreprise. Cela signifie **revisiter** les processus actuels et **redéfinir** les normes et les outils.

Le but reste de **partager en toute confiance** et en toute intelligence les informations, dans le cadre des nouvelles possibilités offertes par la MN, afin de travailler en transparence maximale vers un même objectif commun.

Cette réorganisation devra cependant tenir compte du cadre contractuel : les moyens évoluent, mais les responsabilités restent contraintes par l'environnement juridique et la réglementation.

Ce qu'il faut changer

La confiance dans les données et les informations

L'intérêt commun des projets est aujourd'hui peu mis en valeur et les prestations de chaque acteur sont très indépendantes.

Les cadres contractuels actuels imposent des responsabilités liées à l'acceptation des données d'entrée transmises par les autres acteurs. Cela pose des questions de responsabilité, de contrôle, d'appropriation, de compréhension, même au sein de l'entreprise.

Il convient que la maîtrise de la **qualité** du jeu de données d'entrée et les résultats obtenus permette une réutilisation tel quel par les autres partenaires.

La traçabilité des informations

Les ressaisies évoquées ci-dessus permettent de contourner le problème des responsabilités. L'organisation du travail et des outils est fait pour un usage solitaire. Pour être utilisée en toute confiance, il faut que les données à réutiliser soient gérées et que leur responsables soient tracés.

La protection de la confidentialité et du savoir-faire

La **confidentialité** des certaines données et des **savoir-faire** est une préoccupation majeure des entreprises, afin de protéger les méthodologies utilisées et/ou de conserver la connaissance et la maîtrise des coûts.

On confond la donnée échangée et partagée et les données de l'entreprise qui ont conduit à la donnée échangée. *A titre d'exemple, le coût de l'ouvrage est partagé, mais pas le coût des ressources composantes.*

Il faut rassurer sur les outils de protection des propriétés intellectuelles, de la confidentialité et des savoirs faire.

Des modèles de données communs pour les projets

Le découpage strict des prestations entraîne une limitation de l'utilisation des données par les autres acteurs. Les données sont choisies et créées dans un cadre particulier et dans une phase d'étude spécifique. Les propriétaires des informations n'anticipent pas leur utilisation dans les phases suivantes du cycle de vie du projet, puisqu'ils n'y sont pas impliqués.

Aujourd'hui tout est organisé autour de la prestation élémentaire : le contrat, la responsabilité, le coût, les données d'entrées, les livrables.

La coordination de l'ensemble est une prestation en soit.

Une approche globale avec un modèle de données commun doit permettre qu'une donnée (et non pas le livrable) soit réutilisée directement dans le cadre d'une autre prestation, sans ressaisie, sans appropriation, sans contrôle.

Des responsabilités mieux définies

Qui est responsable des conséquences d'une **mauvaise utilisation** de la donnée ? L'émetteur de la donnée ou l'utilisateur ?

Les données de référence seront « centralisées » et modifiables par le seul « propriétaire » de la donnée. Une demande de modification sera traitée en réunion de coordination. Un utilisateur de données produites par un autre sera tenu d'alerter en cas d'erreur visible ou induite, comme c'est le cas aujourd'hui.

Il ne faut pas que la puissance d'une vision globale des données partagées (et non des données d'entreprise) et les nouveaux risques associés annihilent les gains identifiés dans les autres industries. Les **responsabilités** de chacun devront donc toujours être définies dans un cadre contractuel.

La formation aux échanges

La diversité des logiciels techniques utilisés de nos jours entraîne un manque de vision globale stratégique sur la formation des utilisateurs. Ceux-ci sont souvent formés « à la demande » en fonction des besoins d'un projet précis ou d'une discipline spécifique.

De plus, l'hétérogénéité des formats de fichiers entraîne un manque de réflexion sur les protocoles d'échange et la qualité des données partagées.

Il y a donc rarement de **formation spécifique** adaptée aux processus de l'entreprise pour s'assurer de bonne qualité **des échanges**, de la validation des informations, des règles de nommage...

Ce type de formation devrait être un tronc commun pour les collaborateurs.

La formalisation de la gestion des informations à prévoir dans les processus

Au sein d'une même entreprise, de nombreux **échanges restent informels**.

L'utilisation de la messagerie pour échanger des données, les réunions inopinées autour d'un document, les réunions de travail spontanées et les appels téléphoniques sont des vecteurs favorisant la création, l'imagination et les prises de décision.

Mais de nombreuses décisions ne sont pas systématiquement **tracées** (pas d'écrit et pas de compte-rendu).

De plus, la simplicité des échanges de données, via des messages ou des ressources partagées sur serveur, et la multiplicité des sources de partage accessibles, donnent souvent lieu à des **erreurs sur les versions** des informations ou des incohérences sur les variantes.

Les règles de nommage des données et de leur version ne sont pas parfaitement suivies.

De plus, l'**évolution rapide des intervenants** sur une étude, les droits d'accès aux données devront être parfaitement maîtrisés. La « liberté » engendre des erreurs fréquentes liées à des manipulations hasardeuses.

Les structurations des projets doivent être gérées en interne comme en externe

Enfin, la créativité engendre la remise en cause courante du découpage d'un projet.

Les **interfaces entre les acteurs** évoluent, sans parfois tenir compte des contraintes et des impacts engendrés.

Cette souplesse nécessaire en phase d'avant projet a tendance à perdurer pendant les phases de conception avancée, ce qui entraîne régulièrement des incohérences entre la modélisation et les simulations.

Ce qui va changer

Les changements seront profonds pour une entreprise. La liste ci-dessous en illustre l'étendue. **L'entreprise doit s'y préparer**, sur tous les plans : culturel, commercial, juridique, organisation, informatique, RH, logistique, qualité, formalisme, etc.

Nouveaux schémas contractuels

Les schémas collaboratifs qui existent déjà vont se continuer à se développer. Les PPP, concessions, ou Design and Build seront plus fréquents et sur des projets plus petits.

Nouvelles responsabilités

Les responsabilités des acteurs (concepteurs, constructeurs, exploitant, maître d'ouvrage) vont évoluer.

Nouveaux outils

La MN est un nouvel outil que l'entreprise doit intégrer. Ses propres outils spécialisés vont également évoluer. Enfin, le développement de l'entreprise étendue va demander des adaptations des systèmes d'information.

Nouveaux métiers

De nouveaux métiers (gestionnaire de maquette) sont prévus. Les métiers actuels vont aussi évoluer vers la 3D et les outils de partage. L'entreprise doit anticiper les compétences de ses ressources humaines

Nouvelles méthodes

Beaucoup de processus de production seront impactés par le travail en ingénierie concurrente : structuration des projets, modèle de données, validation, enregistrements, ...

La MN (avec tous les outils de traçabilité de la donnée et donc de garantie de qualité et de responsabilité) nous permet de changer de paradigme : l'information passe d'une gestion au niveau de l'individu à une gestion au niveau du groupe.

Nouvelle culture

Le travail collaboratif est basé sur le partage et donc sur la transparence et la confiance. Le développement de cette culture en interne se fait sur le long terme.

Comment opérer le changement

Le chapitre C du livrable 2 détaille nos recommandations vis-à-vis des changements au niveau de l'entreprise. Nous en donnons ici une simple synthèse.

Processus de management**■ Processus stratégiques**

L'engagement de la direction pour la mise en place du modèle global COMMUNIC devra être affiché.

Parmi ses axes stratégiques, il faudra identifier les projets en PPP ou les concessions.

■ Processus opérationnels

Sur le plan organisationnel, il faut prévoir l'affectation d'une **cellule spécialisée** pour :

- la mise en place de la MN,
- la veille sur les évolutions permanentes,
- l'accompagnement quotidien des collaborateurs

Processus de réalisation**■ Processus commerciaux**

Les commerciaux devront rechercher les projets adaptés au modèle global. Ils valoriseront la maîtrise de ce modèle.

■ Processus opérationnels

Les processus de production seront à revisiter pour tenir compte des outils, des méthodes et de l'ingénierie concurrente.



Processus support

■ **Processus techniques**

Le développement technique doit être orienté vers :

- conception en 3D,
- structuration des projets,
- management de projets en ingénierie concurrente avec une MN,
- capitalisation des connaissances sur le modèle global,
- projets de recherche relatifs à ce modèle.

■ **Processus systèmes d'information**

Les systèmes d'information doivent s'organiser pour permettre :

- l'entreprise étendue,
- le SaaS (software as a service),
- les plateformes collaboratives,

■ **Processus juridiques**

Les juristes devront vérifier que les dispositions assurent la protection de:

- propriété intellectuelle,
- savoir-faire,
- maîtrise des risques,

■ **Processus financiers**

La prise de **risques** due à l'ingénierie concurrente doit être traduite en gestion.

■ **Processus communication**

Il convient de valoriser l'image « HighTech » de la MN. La communication sur les projets qui réussissent avec le nouveau modèle devra être organisée.

■ **Processus RH**

L'impact sur les ressources humaines est un des plus importants, et inclut :

- recrutements de nouvelles compétences telles que celles du gestionnaire de maquette,
- formation des collaborateurs aux nouvelles compétences pour les métiers existants,
- évolution de la culture de l'entreprise et des collaborateurs pour le travail collaboratif et le partage des informations.

6.4 - Au niveau de la profession

Un changement indispensable à l'échelle du secteur tout entier

Le changement ne concerne pas seulement chacun des acteurs d'une opération de construction. Il concerne aussi **l'ensemble du secteur**.

A ce titre de nouvelles considérations doivent être retenues. Elles sont relatives à l'**organisation des professionnels** entre eux et dans un second temps à la **coordination de l'ensemble** de ces acteurs.

La question qui est adressée aux professionnels tourne essentiellement sur l'articulation qui correspond le mieux au plein emploi des ressources potentielles de la MN. Il s'agit alors de réfléchir à la coordination des **différentes professions** adaptée ou conditionnée par l'introduction de la MN.

Le questionnement qui doit être affronté par la profession est celui de la **standardisation indispensable** pour autoriser un usage approprié de la MN.

Ces différentes évolutions du secteur des Travaux Publics sont décrites de manière plus détaillées dans le chapitre D du livrable L2 sur les recommandations de mise en place de la MN.

Ce qu'il faut changer

Passer d'une logique de moyens à une logique de résultats

Pour mieux saisir les évolutions à opérer il faut tout d'abord inscrire l'emploi de la MN dans une tendance profonde qui est celle de **l'approche par les performances**. À terme il en résulte une articulation nouvelle des acteurs.

En simplifiant, les nouveaux enjeux auxquels le secteur doit faire face conduisent à une inversion des points de vue. La **raréfaction des ressources** de notre écosystème (un monde qui admet la limite de ses ressources, naturelles, économiques ou humaines) conduit à mieux utiliser les ressources et à donner la priorité aux résultats attendus plutôt qu'à la conformité des moyens utilisés.

Le secteur passe donc d'une logique de moyens à une logique de résultats. Certains désignent cette évolution comme une exigence de développement durable. Sous une autre forme les professionnels seront jugés moins sur leur capacité à respecter un contrat de quantités sur les éléments constitutifs d'une construction qu'un contrat sur les performances de fonctionnement de la construction. À terme le niveau des performances devra être justifié quant aux moyens utilisés.

Il est intéressant de voir que la MN tire tous ses avantages seulement dans un contexte de globalité. La MN est d'abord la matérialisation du futur comportement de l'ouvrage plutôt qu'un outil informatique avancé.

Par ailleurs, le contexte économique est de plus en plus tendu. Cela conduira les donneurs d'ordres à conditionner l'initiative des moyens aux professionnels pour un niveau de performances visé à la garantie sur le résultat en mode de fonctionnement réel. La MN est le seul moyen pour anticiper de manière tangible la réalité d'une performance (visualisation d'une évaluation). **La MN est une capacité pour maîtriser un niveau de performances.**

La profession doit donner aux acteurs les moyens du travail collaboratif

Les freins au développement du travail collaboratif sont à la fois technologiques, organisationnels, réglementaires, et culturels. Pour les faire sauter, les entreprises, les chefs de projet et les collaborateurs vont devoir conduire un changement.

Il faut également que la profession du BTP dans son ensemble conduise un changement pour permettre aux acteurs d'évoluer. Les changements concernent :

- les **organisations et responsabilités** des acteurs sur les projets
- les aspects **réglementaires et législatifs**,
- l'émergence de **standards d'échange communs**
- le développement d'**outils collaboratifs** et interopérables.



Certification ou labellisation de la MN

Le développement des outils de la MN nécessite des **investissements conséquents** et de ce fait il est probable qu'il y aura seulement quelques produits en de nombreux exemplaires. Il faudra pouvoir les comparer et faire un choix.

Le problème à traiter est celui de **l'étalonnage de ces logiciels** (ou plus exactement de ces différentes chaînes logicielles). Il n'existe pas à proprement parler de certification logicielle. Toutefois il paraît difficile de ne pas envisager au moins l'utilisation comparée de ces instruments sur une étude de cas identique et une communication par un tiers des résultats obtenus.

La question est encore précoce mais elle gagnera des pratiques qui sont en cours d'élaboration au plan de l'évaluation environnementale des constructions et aussi des retours d'expérience sur les "eurocodes". Cet aspect de labellisation ou de certification est abordé dans le livrable L2-D4.

Une volonté d'évolution de l'ensemble des acteurs

Compte tenu de la structure très fragmentée de la profession, l'introduction de la MN ne pourra pas suivre l'évolution observée dans d'autres secteurs économiques (aéronautique ou construction navale). En effet l'effet de levier dans ces secteurs a tenu avant tout à la position dominante des ensembliers vis-à-vis du réseau de l'ensemble des acteurs de ces filières (sous-traitants et fournisseurs).

L'objectif est alors de déterminer ce qui peut pallier cette différence. Il semble que le moteur principal va résider dans une **prise de conscience de l'ensemble des acteurs** du secteur de la nécessité d'évoluer vers le modèle global décrit par COMMUNIC.

Ce qui va changer

Des standards émergent

Nous ne pouvons pas parler aujourd'hui d'un standard émergent pour les infrastructures. Le modèle de données général n'existe pas encore. Toutefois certains acteurs, dont certains éditeurs, ont commencé cette standardisation.

Nous pensons à aux développement des standards et formats :

- IFC Bridges,
- City GML,
- IFC Bâtiments.

Il faudra utiliser leurs travaux pour bâtir le standard « infrastructures ».

Des technologies de plus en plus performantes

Les outils technologiques dont le besoin est identifié se développent très vite :

- bases de données,
- centres de calculs puissants,
- maquettes numériques dans d'autres secteurs d'activité,
- moyens de communication utilisant les techniques laser, GPS, scanner, ...
- salles de réalité virtuelle
- etc.

Ce ne sont pas les technologies existantes qui freinent le développement de la MN.

Les schémas contractuels collaboratifs se développent

Les schémas contractuels des projets continuent d'évoluer. Ils sont de plus en plus collaboratifs avec les PPP, les concessions ou le Design and Build.

C'est sur ces schémas là que la MN prend toute son efficacité.

Comment opérer le changement

Scénarios d'émergence de la MN

Pour voir cette évolution prendre corps, il semble utile d'insister sur une dimension fédératrice qui est la **recherche d'efficacité**. La MN sera d'autant plus acceptée qu'elle contribuera de façon prouvée à :

- **produire mieux** (construction plus performante) ;
- **avec moins d'effort** (effort interne des opérateurs en termes de délai, de coût, effort externe du produit en termes de prélèvement et de rejets).

■ Deux configurations possibles

La MN ne change pas fondamentalement les pratiques de chaque corps de métier. Elle change par contre la relation entre eux car la MN est sous-employée dans un mode séquentiel. La MN est véritablement utilisée dans une organisation du type "entreprise étendue" ou "entreprise réseau".

Deux configurations sont possibles et nous nous attendons à ce qu'elles se déploient en parallèle :

- La première correspond à l'**émergence d'une capacité d'ensemblier** du type industriel.
- La seconde consiste à la création momentanée d'une entreprise-projet grâce à la médiation d'une **MN portée par une entreprise plateforme de services**.

■ Émergence d'une capacité d'ensemblier

Une entreprise de par sa taille critique et ses capacités de financement fédérera un maillage d'entreprises et organisera un partenariat de moyen terme pour la réalisation de constructions entièrement maîtrisées au plan de leurs performances. Il est alors possible de tirer avantage de l'effet de taille et de la mutualisation des moyens en particulier de l'usage pérenne d'une MN.

Cette solution pose le problème de l'appropriation par l'ensemble des acteurs d'un outil maîtrisé par un ou quelques acteurs

■ MN portée par une entreprise plateforme de services

Dans ce cas, la mutualisation est externe aux acteurs de la construction et repose sur un outil qui doit être "customisable". La MN est alors moins robuste et doit être technologiquement beaucoup plus "agile" c'est-à-dire beaucoup plus ajustable dans ses configurations voir même en apportant un complément de savoir-faire.

Pour éviter cet écueil et garder sa neutralité, il faut que la profession soit directement impliquée dans la plateforme de services.

■ Point de vue du groupement COMMUNIC

Au plan macro-économique ces deux évolutions ne sont pas strictement identiques mais elles ont en commun d'introduire un changement de culture qui est celui de la "mesure" c'est-à-dire de la quantification des performances en fonctionnement. **Les partenaires de COMMUNIC préconisent** de participer au développement d'une **plateforme de services commune** (scénario 2).

Les textes législatifs (loi MOP par exemple) et réglementaires (MOP, CCAG, CCTG, décrets, arrêtés, circulaires, ...) doivent être mis à jour pour intégrer le travail collaboratif autour d'une MN. Il s'agit de prendre en compte :

- L'évolution des **responsabilités** des acteurs,
- Une redéfinition des **étapes** de conduite des projets et du processus d'appropriation,
- La **dématérialisation** possible par la MN

Au-delà des acteurs directs, l'ensemble du secteur doit être mobilisé sur cette évolution : administrations, fédérations, collectivités, etc.

Évolution des réglementations



6 - La conduite du changement

6.4 - Au niveau de la profession (suite)

Comment opérer le changement (suite)

Action concertée de standardisation

La manipulation de la MN suppose que l'ensemble des intervenants utilise une même sémantique, un standard commun. Cet effort de standardisation va beaucoup plus loin qu'un simple formalisme. Il se définit comme une condition indispensable pour autoriser une **interopérabilité effective** des différents outils et même des différentes MN entre elles.

Cette standardisation conduira à un **format d'échange neutre** basé sur un **modèle de données commun** à tous les acteurs. Nous parlons de standard commun, mais ce singulier n'interdit pas qu'il soit constitué de l'agglomération de **plusieurs standards** existants que l'on aura rendus **cohérents et complémentaires**.

La définition de ce standard ne peut être établie par un seul acteur qu'il soit un acteur direct des projets ou qu'il soit un éditeur de logiciels. C'est bien à l'ensemble de la profession de s'organiser pour le définir. C'est une des suites que les partenaires proposent en prolongement du projet COMMUNIC. Voir le chapitre 8 ci après.

Cette démarche est elle aussi une nouveauté au titre de la normalisation BTP puisqu'il ne s'agit pas de figer une bonne pratique reconnue mais bien d'arrêter en commun une règle pour permettre d'avancer vers un **progrès collectif**.

Développement des outils

Il convient de mobiliser les éditeurs de logiciels sur ces points :

- Développement des outils logiciels qui composent la MN.
- Adaptation des logiciels existants au standard d'échange qui sera retenu.

Cette mobilisation doit bien être faite par la profession dans son ensemble et ne peut résulter de l'initiative d'un des acteurs en dehors du standard commun.

Actions de formation

Il faut intégrer dans la profession du BTP, les organismes de formation. Ce sont les écoles de formation initiale, ce sont aussi les organismes de formation continue.

Nous avons évoqué dans le chapitre sur l'entreprise les impacts en matière de nouvelles compétences et de nouveaux métiers (gestionnaire de maquette, par exemple). Les différentes formations devront donc anticiper l'arrivée de l'usage de la MN.

Si les écoles d'ingénieur et de projeteur Génie Civil commencent à intégrer la MN dans leurs programmes de cours, il faudrait également qu'elles aient une réflexion sur les nouveaux effectifs nécessaires sur le marché, afin d'ouvrir de nouvelles perspectives professionnelles à leurs étudiants.



Page laissée blanche intentionnellement

7- Résultats à l'usage des éditeurs de logiciels et organismes de normalisation

Introduction.....	110
Objectifs.....	110
Contenu	110
7.1 - Acteurs utilisateurs	111
Acteurs liés au BTP	111
Classement des acteurs pour COMMUNIC	111
7.2 - Objets, éléments structurants de la MN.....	112
Objets COMMUNIC.....	112
Structuration en niveaux.....	112
Visualisations adaptées aux usages	112
Flou et imprécision des objets	112
7.3 - Informations rattachées aux objets.....	113
Les informations	113
Classement des informations.....	113
Caractéristiques d'une information	113
Gestion et circulation des informations	114
7.4 - Processus	114
Définition	114
Hiérarchisation.....	114
Formalisation des processus	115
Action des processus sur les attributs des objets	115
7.5 - Fonctionnalités attendues.....	116
Rappel des fonctionnalités du modèle global	116
Schéma des fonctionnalités	116
Répartition des fonctionnalités par périmètre.....	118
7.6 - Outils logiciels	119
Les outils des périmètres	119
Les outils métier	119
Les outils de la passerelle	119
Le SGBD de la MN.....	120
Outils de synthèse de la MN	120
7.7 - Modèle de données envisagé	121
Standard d'échange	121
Modèle de données.....	121
Le format neutre d'échange, utilisable par tous les éditeurs	121
7.8 - Standardisation.....	122
Vue d'ensemble.....	122
L'exemple des IFC	123
Les autres standards existants	123
Nos conclusions	124

Introduction

Objectifs

Un chapitre plus spécifiquement destiné aux éditeurs

Le présent chapitre fournit une synthèse des résultats de la recherche à l'attention :

- des **éditeurs de logiciels** qui vont devoir adapter certains logiciels pour les rendre interopérables et en créer de nouveaux pour gérer les cycles de vie des informations et permettre les synthèses
- des **organisations en charge de la standardisation** voire de la normalisation qui vont permettre l'émergence d'un standard neutre d'échange entre tous les acteurs.

Ce chapitre n'est pas autonome et ne résume pas la recherche à lui seul. Il regroupe simplement les résultats qui concernent particulièrement les éditeurs.

Une synthèse de livrables plus détaillés

Il s'agit de présenter ici en quelques pages une synthèse des résultats. La description détaillée de nos conclusions font l'objet de Livrables spécifiques.

- Pour comprendre les **objectifs recherchés** et le modèle global, il convient de se reporter au livrable L1 (*Modèle global*).
- Pour nos **recommandations vis-à-vis de la démarche** de standardisation, il convient de se reporter au livrable L2 "*Recommandations de mise en œuvre de la MN*".
- Pour connaître les **développements de logiciels** à réaliser, il convient de se reporter au livrable L3 (*programme fonctionnel de la MN*).

Enfin, bien que rédigé à l'attention des acteurs, futurs utilisateurs de la MN, la lecture du chapitre 4 du présent mémoire complète la compréhension de nos attentes technologiques.

Contenu

Acteurs concernés

Le chapitre est organisé sur sept points auxquels les éditeurs doivent se montrer particulièrement attentifs.

Ce module rappelle quels sont les acteurs qui seront utilisateurs opérationnels du modèle et des outils logiciels

Objets structurant la MN

Ce module affirme le choix de structuration des projets et donc de la MN en objets physiques (différents de la notion beaucoup plus générale d'objets informatiques).

Informations gérées par la MN

Ce module explique comment l'information devient, dans notre modèle, l'élément unitaire de gestion en remplacement du document.

Processus

Ce module décrit comment les processus du projet permettent de créer ou modifier les informations.

Fonctionnalités de la MN

Ce module résume les fonctionnalités attendues des outils constituant la maquette numérique de partage ainsi que la passerelle entre cette MN et les outils métier.

Modèle de données

Ce module donne les principes fondateurs du modèle de données à bâtir.

Standardisation

Ce dernier module rappelle pourquoi il est nécessaire de disposer d'un standard neutre d'échange et comment le mettre au point.



7.1 - Acteurs utilisateurs

Acteurs liés au BTP

7 Tout le secteur du BTP est concerné

Le modèle global décrit dans COMMUNIC concerne le secteur du BTP. Les activités de ce secteur sont variées avec les bâtiments, le génie civil, les ouvrages industriels, les infrastructures de transport, l'urbain.

Le groupement COMMUNIC a travaillé essentiellement sur les **infrastructures linéaires** et de manière plus concrète sur des exemples autoroutiers. Mais nous avons vérifié que nos réflexions étaient **applicables aux autres activités**.

Le champ d'application du modèle et donc des outils logiciels envisagés couvrent donc bien tout le BTP.

Les acteurs de tout le cycle de vie

Les outils décrits ne concernent pas uniquement les concepteurs.

Le modèle concerne les ouvrages depuis leur conception amont jusqu'à l'exploitation et même le démantèlement, et donc, les donneurs d'ordre, les prestataires, les constructeurs,et plus largement **toutes les parties prenantes**.

Toutes les parties prenantes du secteur BTP sont des utilisateurs potentiels des outils.

Classement des acteurs pour COMMUNIC

Acteurs directs utilisant régulièrement la MN

Pour mener les réflexions sur COMMUNIC, nous avons été amenés à classer les acteurs en fonction de leur accès à la maquette et de leur rôle dans les projets. Ce classement est rappelé ci-dessous (voir description du modèle au livrable L1)

Les acteurs directs sont : **maîtres d'ouvrage, concepteurs, constructeurs, exploitants**. Leur accès à la maquette est nécessaire, ils en sont les utilisateurs principaux et permanents sur toute la durée d'un projet.

Acteurs indirects pourront utiliser la maquette via les acteurs directs

Les acteurs indirects sont, en particulier : **financiers**, entreprises et bureaux d'études **sous-traitants, fournisseurs** et **prestataires** divers, etc.

Leur accès à la maquette se fait par l'intermédiaire de l'un des acteurs directs. Leur implication dans le travail collaboratif pourra aller en croissant suivant la diffusion et leur maîtrise de la technologie de la maquette, ce qui se traduirait par un accès temporaire et limité en droits.

Acteurs influents pourront voir la maquette

Les acteurs influents sont, en particulier : **administrations, collectivités, riverains, associations, usagers** etc.

Ils peuvent visualiser la maquette à l'initiative des acteurs directs, dans un but d'information. Ils ne participent pas au travail collaboratif.

7.2 - Objets, éléments structurants de la MN

Objets COMMUNIC

Des objets physiques différents des objets informatiques

L'attention des éditeurs est attirée sur le terme « objet » utilisé dans le projet COMMUNIC. Il s'agit des **objets physiques qui composent l'ouvrage** à construire.

Un objet doit donc avoir une réalité physique dans l'ouvrage construit. Une information, ou une propriété, par exemple, sont souvent appelés « objets » en informatique et ne répondent pas à notre définition.

Des objets visualisables et compris

Cette définition permet aux non spécialistes d'un domaine de **comprendre** en visualisant un objet de la MN de quoi il s'agit. C'est pourquoi nous avons retenu le principe de structurer l'ouvrage et la MN en objets, avec notre acception de ce terme, donc.

Structuration en niveaux

Les niveaux de détail de la MN étant très variables, nous souhaitons guider l'utilisateur par des niveaux d'objets de plus en plus détaillés.

Trois niveaux imposés

La structuration sera propre à chaque projet et aux métiers concernés. Toutefois le **niveau 0** sera systématiquement réservé au **projet** dans son ensemble

Le **niveau 1** décomposera le projet en **objets dits fonctionnels** : Rétablir une ligne électrique, une route, un ruisseau, ... par exemple sont des fonctionnalités finales qui se traduisent par des objets de niveau 1.

Le **niveau 2** permettra de décomposer chaque objet fonctionnel en **objets métier**. Ce découpage correspond aux différents métiers qui interviendront dans la réalisation. Les terrassements, les ouvrages d'art, les chaussées, les équipements sont des exemples de métiers qui organisent le niveau 2.

Visualisations adaptées aux usages

La MN permet de visualiser :

- Les objets
- Le projet dans son ensemble
- Les simulations d'impacts

Suivant l'usage fait de cette visualisation la MN montrera une **représentation différente** des objets et du projet.

Par exemple, un candélabre ne sera pas représenté de la même manière suivant qu'on travaille sur sa fixation ou si on regarde son intégration dans le paysage.

Flou et imprécision des objets

En fonction de l'avancement du projet, les objets ont des définitions de plus en plus précises. Cette définition démarre avec le principe d'existence d'un objet jusqu'à sa définition millimétrique. La MN doit gérer cette diversité de précision en **associant aux objets des incertitudes ou précisions**.

Celles-ci seront nécessaires pour :

- Réaliser les vérifications de cohérence entre objets
- Visualiser différemment des précisions hétérogènes.

7.3 - Informations rattachées aux objets

Les informations

Aujourd'hui : la gestion des documents Aujourd'hui l'unité de gestion d'un projet est le document. Pour faire circuler une information, autrement qu'oralement, les acteurs la formalisent sur un document. Ces documents sont des notes, des dossiers, des plans, des vidéos, films, etc.

Maitriser l'évolution et la circulation des documents est une tâche importante et des outils logiciels ont été développés pour cela : les GED.

Avec la MN : la gestion des informations Le problème est qu'un document contient en général beaucoup d'informations qui se rapportent à des objets (et même des sujets) différents.

Pourtant chaque information a son propre cycle de vie et le *workflow* d'un document doit être repris à cause d'une seule information modifiée.

Avec la MN, **ce sont les informations qui seront gérées** de manière individuelle.

L'information devient l'unité de base qu'il faut maîtriser.

Classement des informations

La gestion des informations nécessite que l'on puisse y accéder facilement.

Toute information est rattachable à un objet

La structure du projet en objet nous a conduits à rattacher toute information à un objet. Les informations générales sont rattachées à un objet 0, 1, 2 ... et les informations très spécifiques aux niveaux les plus élevés.

Trois catégories d'informations

De même, les informations rattachées à un objet sont en trois catégories :

- Informations relatives à sa **définition géométrique**.
- Informations qui caractérisent l'objet : ses **attributs**.
- Informations sur les relations avec les attributs d'autres objets : ses **liens**.

Caractéristiques d'une information

Toute information doit être identifiée tout comme aujourd'hui nous sommes tenus d'identifier un document.

Les caractéristiques suivantes participent à cette identification :

- son propriétaire,
- son caractère public ou privé,
- sa confidentialité,
- son statut,
- sa date d'effcience,
- etc.

Gestion et circulation des informations

Droits d'accès	La MN permet de gérer les informations et leur circulation. Cette gestion recouvre les aspects listés ci-dessous qui sont décrits plus en détail au chapitre C du livrable 1.
Validation	Des droits d'usage sont attribués à chaque utilisateur de la MN. En fonction de son identité, il pourra voir l'information, l'utiliser, l'annoter, sachant qu'il n'y a, sauf exception, que le propriétaire qui puisse la modifier. Le processus de validation des informations définit des statuts qui définissent si elle est: <ul style="list-style-type: none"> • Partageable : elle a été vérifiée par son propriétaire qui a décidé de la rendre accessible . • Critiquée : un autre acteur souhaite que cette information soit modifiée ou la MN a détecté un conflit avec une autre information. • Approuvée : une revue de phase a figé cette information pour passer à une nouvelle étape plus détaillée.
Points de vue	Il s'agit de sélectionner les informations en fonction du profil de chaque acteur de manière à ce qu'il ne voit que celles qui le concernent et/ou l'intéressent
Modifications	Les modifications doivent être tracées par la MN pour connaître l'historique de chaque information. La modification d'une information doit être portée à la connaissance des acteurs qui l'utilisent.
Variantes	La conception nécessite l'étude de nombreuses variantes. Pour chaque variante, il faut créer une maquette partielle extraite de la MN de base et gérer la cohérence entre elles jusqu'à ce que le choix soit fait.

7.4 - Processus

Définition

On appelle processus les différentes actions par lesquelles l'information contenue dans la maquette numérique est créée ou gérée.

L'organisation d'une maquette efficace implique de bien identifier les processus propres à un projet de construction

Hiérarchisation

On distingue trois niveaux de processus décrits ci-dessous.

Macro-processus	Les macro-processus sont liés à l'un des acteurs directs : concevoir, construire, exploiter. Ils regroupent de nombreux processus et peuvent se chevaucher.
Processus	Les processus eux-mêmes sont les actions élémentaires ayant une incidence sur plusieurs métiers : choisir une solution, étudier un tracé, obtenir des autorisations administratives etc. C'est à ce niveau de processus que la valeur ajoutée de la maquette numérique peut être la plus grande, de par l'intégration des informations issues de différents métiers qu'elle permet.
Sous-processus métier	Les sous-processus métier sont indépendants les uns des autres au sein d'un processus : étudier un ouvrage d'art, un terrassement particulier. Ils dépendent de données d'entrée issues des résultats de processus plus généraux (le tracé implique les ouvrages).

Formalisation des processus

La formalisation des processus permet de mettre en évidence leur incidence sur la maquette numérique et ce que celle-ci peut apporter dans leur résolution.

Un formalisme de type SADT tel qu'il se pratique dans l'industrie est pertinent de ce point de vue. Il permet d'identifier, pour chaque processus :

- **Données d'entrée** : informations à collecter dans la maquette au départ du processus.
- **Données de sortie** : informations créées ou modifiées à l'issue du processus et à réinjecter dans la maquette.
- **Liens avec d'autres processus** et la nature des informations qui passent de l'un à l'autre.
- **Acteurs** concernés.
- **Contraintes** à prendre en compte : règlements, cahiers des charges, compatibilité géométrique des objets impactés par le processus.
- **Ressources** utilisables : logiciels métier, certaines fonctions de la maquette elle-même.

La MN apporte un gain réel en **facilitant la synthèse** de toutes les données modifiées à chaque itération. De même, des contrôles peuvent être facilités par l'utilisation des fonctionnalités automatiques de la maquette numérique (détection de conflits, vérification de règles).

Action des processus sur les attributs des objets

Les processus restent des actions extérieures à la MN, qui font appel à des compétences propres, à des métiers différents, et souvent à une expertise humaine.

Leur incidence sur la MN se traduit par la création et la modification d'informations qu'elle contient. En faisant le lien avec la structuration de la maquette en objets par niveaux, cela se traduit par **la création et la modification d'attributs propres à certains objets**.

Les fonctionnalités de la MN utiles à la résolution des processus viennent en appoint des outils métier extérieurs. Il s'agit de **fonctionnalités de synthèse** (influence du résultat d'un processus sur les quantités, les coûts, les délais) **et de contrôle** (incompatibilités géométriques par exemple).

Ces ressources issues de la maquette restent une aide du point de vue de chaque acteur agissant dans le cadre de son métier propre. La MN **ne se substitue pas à l'expertise** nécessaire au bon déroulement de chaque processus.

7.5 - Fonctionnalités attendues

Rappel des fonctionnalités du modèle global

Les fonctionnalités de la maquette numérique sont décrites dans les chapitre B et C du livrable 3. Elles sont résumées ci-dessous.

- Modeler** Il s'agit de créer les objets 3D volumiques composant le projet et d'y attacher les informations du projet
- Échanger** Il s'agit de faire circuler les informations entre les différents métiers.
Pour cela, il faut que chaque métier importe dans et exporte de la MN les informations. Elles sont donc conformes à un modèle de données et sous un format neutre d'échange.
- Calculer et simuler** Ce sont les fonctionnalités décrites dans les processus pour générer les informations et les utiliser pour les calculs et les simulations métier.
- Gérer** Il s'agit de gérer les informations pour que chacun les utilise avec confiance.
- Voir** Il s'agit de visualiser :
- le projet,
 - les objets,
 - les simulations.
- Optimiser** C'est la finalité qui résulte des fonctionnalités ci-dessus fournies par les outils, mais qui restera toujours dans la mission des experts, même si la MN sera pour lui une aide.

Schéma des fonctionnalités

Schéma simplifié

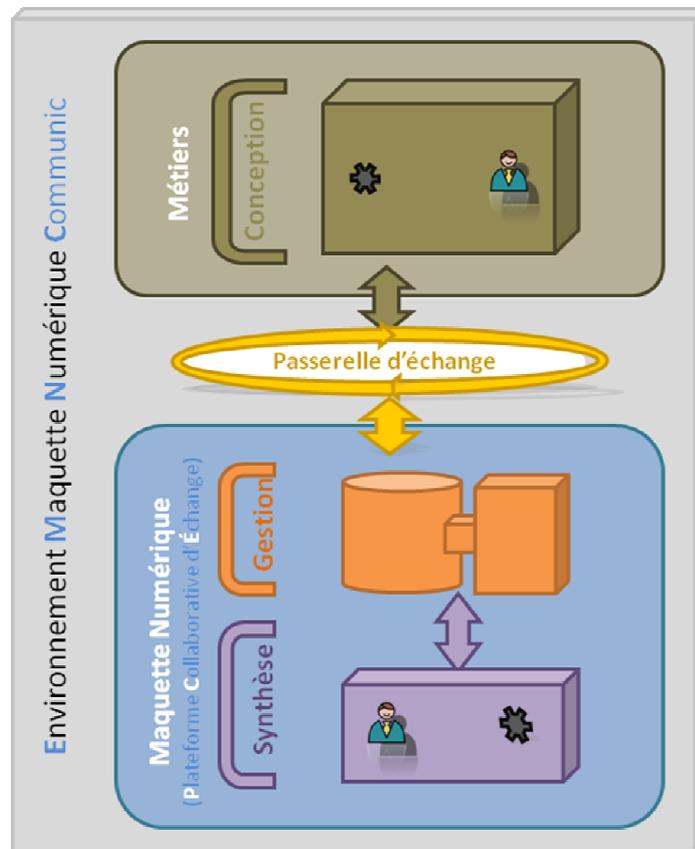


Figure 7.5-1 : schéma global simplifié des fonctionnalités

Ce schéma définit 3 périmètres de fonctionnalités :

- Le périmètre « **Métiers** » avec les différentes conceptions qui sont réalisées par chacun des métiers. Ces conceptions sont réalisées aujourd'hui sans maquette numérique.
- Le périmètre « maquette numérique » ou « plateforme collaborative d'échange » (**PCE**) qui gère les informations et réalise des synthèses avec ces informations partagées
- La **passerelle** d'échange qui doit assurer la circulation des informations entre la MN et les conceptions des métiers.

Schéma détaillé

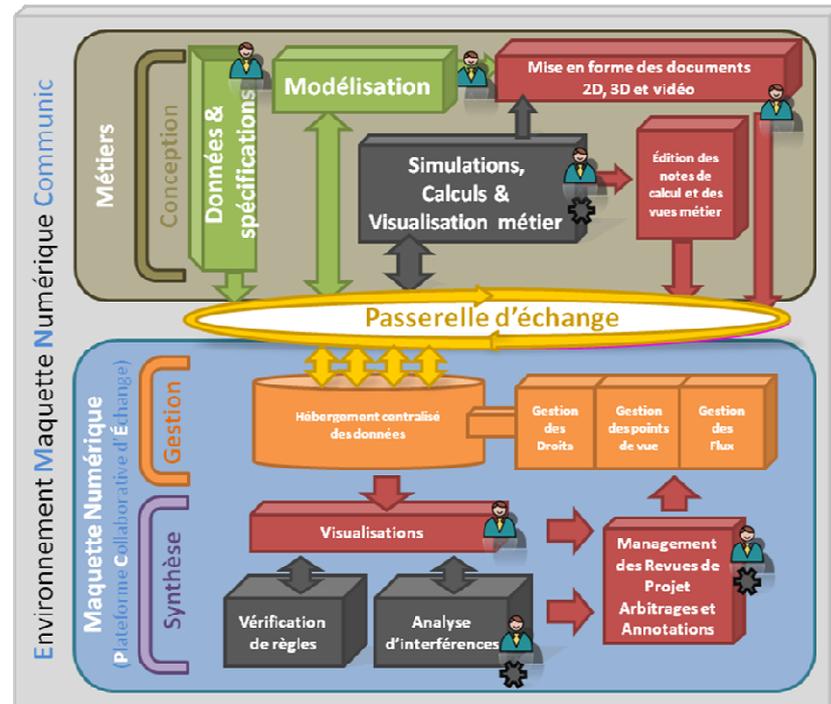


Figure 7.5-2 : schéma détaillé des fonctionnalités

Le tableau suivant résume les fonctionnalités dans les différents périmètres.

Périmètre	Fonctionnalités associées
Conception métier	Modélisation (essentielle) Calcul Importation de données ou de spécifications Production de documents
Gestion de la PCE	Hébergement des informations Gestion des droits d'accès Gestion des points de vue Gestion des flux
Synthèse de la PCE	Visualisation du projet et de ses composants Analyse des interférences à l'intérieur de la MN Vérification des règles enregistrées Management des décisions
Passerelle d'échanges	Contrôle du respect par les outils métier du standard neutre d'échange, Mises au format et/ou modèle de données

Répartition des fonctionnalités par périmètre

Le tableau ci-dessous dans chacun des périmètres définis dans l'Environnement MN COMMUNIC les groupes de fonctionnalités vues ci-dessous.

		ARCHITECTURE / PÉRIMÈTRES					
		Métiers	Passerelle		PCE		
		Conception	Format neutre	Contrôle de conformité	Gestion des données	Synthèse	
FONCTIONNALITÉS	Modeler	X	x				
	Échanger		X	X			
	Calculer et simuler	X	x				
	Gérer	Gérer		x		X	
		Stocker, Héberger				X	
	Voir	X	x	x	x	X	
Optimiser	X	x			X		

X : fonction principale

x : fonction secondaire importante

7.6 - Outils logiciels

Les outils des périmètres

Les logiciels seront décrits ci-après suivant les 4 périmètres vus plus haut :

- Conception métier.
- Gestion de la PCE.
- Synthèse de la PCE.
- Passerelle d'échanges.

Le schéma d'architecture

Le schéma d'architecture des fonctionnalités vu ci-dessus est traduit en outils dans le schéma ci-dessous.

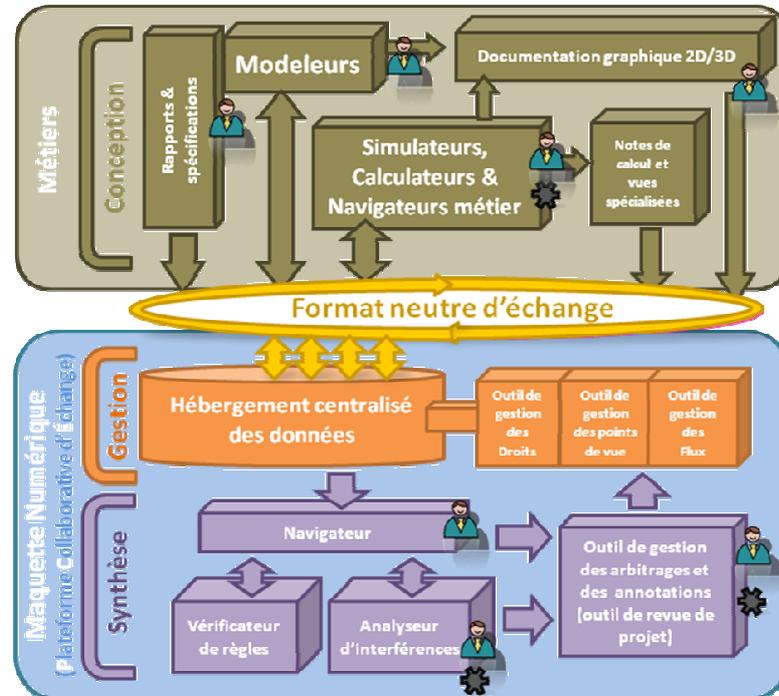


Figure 7.6-1 : schéma d'architecture des logiciels

Les outils métier

Outils actuels de conception conservés

L'introduction ne nécessite pas de nouveaux outils de conception. Les **outils actuels doivent être conservés** et ils continueront à évoluer pour répondre aux besoins des concepteurs.

Modéliser en objets 3D

En revanche, les éditeurs doivent adapter les logiciels de modélisation pour qu'ils **gèrent des objets 3D volumiques** ayant la capacité de porter des informations et attributs. L'ampleur de cette adaptation dépend du logiciel actuel.

Respecter un standard d'échange neutre

Enfin les entrants et les sortants doivent être adaptés pour respecter le **modèle de données** de la MN et le **format neutre** d'échange. Les outils métier qui ne respectent pas ce standard nécessiteront une passerelle spécifique et ils seront sans doute délaissés au profit de ceux qui le respectent.

Les outils de la passerelle

Outil de contrôle de conformité

Il s'agit de l'outil, connexe à la MN, qui **contrôle** que les informations entrant dans la MN sont bien **conformes au standard** d'échange retenu.

Passerelles spécifiques

On peut également classer dans ce périmètre les passerelles spécifiques qu'il sera nécessaire de développer au cas par cas pour assurer le transfert de données entre la MN et les outils métiers qui ne respectent pas pour ses sortants le standard retenu.

Le SGBD de la MN

Le SGBD (système de gestion de base de données) sous-jacent à la MN est un SGBD classique. Il doit néanmoins assurer les fonctionnalités spécifiques suivantes :

Gestion des droits d'accès

Il s'agit de gérer les droits d'accès de chaque utilisateur aux informations stockées dans le SGBD. L'outil assure le croisement des profils des utilisateurs déclarés avec les droits d'accès fixés par les propriétaires des informations.

Pour les profils des utilisateurs, nous avons envisagé les catégories suivantes :

- visiteur,
- lecteur,
- relecteur,
- utilisateur,
- administrateur de groupe,
- administrateur de la MN.

Gestion des flux

Il s'agit d'assurer l'enregistrement et la gestion des évolutions des informations de la MN. Ces évolutions concernent :

- workflow de validation des informations,
- modifications,
- variantes,
- décisions prises,
- etc.

Gestion des points de vue

Il s'agit de permettre à chaque acteur de pouvoir « alléger » la MN de tout ce qui ne le concerne pas ou ne l'intéresse pas pour l'usage qu'il souhaite faire.

Les points de vue seront définis pour :

- accéder à un niveau de détail souhaité
- avoir une vision métier
- avoir une vision système,
- récupérer seulement les informations nécessaires à un logiciel,
- etc.

Outils de synthèse de la MN**Navigateur**

Il s'agit de naviguer dans la MN et de visualiser :

- projet dans son ensemble avec son arborescence,
- partie du projet,
- point de vue propre à un acteur,
- résultats de simulations,
- résultats de vérifications,
- etc.

L'outil permettra à chacun de choisir les critères de visualisation afin de ne voir que ce qui l'intéresse.

Analyse d'interférences

Il s'agit d'identifier les conflits d'incompatibilité entre les objets ou entre les informations de la MN. Les **conflits géométriques d'occupation de l'espace** en font partie, mais d'autres règles pourront être entrées qui pourront être automatiquement vérifiées.

Vérificateur de règles

Il s'agit de vérifier automatiquement **les résultats de certains calculs** par rapport à des règlements qui auront été référencés.

Revue de projet

Il s'agit d'un outil support des revues de projet ou de phase pour faciliter les analyses, enregistrer les décisions, et permettre la tenue sous forme virtuelle de certaines revues.



7.7 - Modèle de données envisagé

Standard d'échange

Pour que les informations puissent circuler entre les différents outils sans ressaisies, deux conditions sont à remplir :

- Il faut un **modèle de données partagé** par tous les acteurs.
- Il faut aussi un **format neutre d'échange** pour chaque information.

Ces deux aspects font l'objet des modules ci-après.

Modèle de données

Modèle à définir par les utilisateurs

Il s'agit là de se mettre d'accord sur :

- la nature des informations que l'on va utiliser,
- l'organisation de ces informations,
- les regroupements d'informations.

Nous n'avons pas défini un tel modèle qui sortait de l'objet de COMMUNIC. Il **devra être défini par les professionnels des différents métiers** qui en seront les utilisateurs. Nous listons ci-après des **principes** que ce modèle devra respecter.

Organisation en objets physiques

C'est le premier principe de base de la structuration des informations. L'ouvrage sera décomposé en objets physiques organisés en niveaux en fonction du détail recherché.

Attachement de toute information à un objet

Le deuxième principe de base est que toute information du projet sera attachée à un objet. Ce principe permet de faciliter la navigation dans la MN et d'accéder de manière logique à la bonne information.

Pour chaque objet, les informations seront classées en :

- informations sur la géométrie de l'objet,
- attributs propres à l'objet,
- liens avec les informations d'autres objets.

Identification de chaque information

Pour identifier chaque information et la gérer, il faut la définir a minima par :

- son propriétaire,
- sa nature privée, publique, confidentielle (voir ces termes plus haut),
- son statut de validation,
- sa date d'effectivité.

Capacité d'identification des systèmes

Le modèle devra pouvoir être **exploité en systèmes** (terrassements, exploitation, réseau d'assainissement, ...).

Cet accès système pourra se faire par les objets et par les informations.

Le format neutre d'échange, utilisable par tous les éditeurs

Au-delà du modèle de données qui est encore à définir, il faut que le langage, la syntaxe informatique employés soit utilisable par tous les acteurs et donc par tous les logiciels utilisés.

Ce format d'échange doit donc être **neutre et non propriétaire** d'un éditeur. Chaque éditeur doit pouvoir l'utiliser pour mettre ses entrants et ses sortants à ce format.

7.8 - Standardisation

Vue d'ensemble

Espoirs et craintes La standardisation est source d'espoirs pour les utilisateurs car chacun y voit une possibilité de **réduire ses coûts** de production.

C'est malheureusement aussi une source d'inquiétude car si cette standardisation est définie par une communauté, il craint de perdre de sa liberté et de **contraindre ses innovations**.

Un objectif limité aux données échangées Il faut donc standardiser au niveau de la profession seulement que ce qui est justifié par des réductions des coûts de production de chaque acteur. La réduction des coûts globaux s'en déduira.

Notre objectif est ainsi de **standardiser seulement les informations qui sont échangées** entre les acteurs, afin que :

- leurs définitions soient précises et uniques,
- elles soient comprises de manière uniforme,
- elles soient directement utilisables par les logiciels sans ressaisie.

Il ne s'agit pas de standardiser des documents

Ne pas standardiser les conceptions métier La standardisation des éléments manipulés par un seul métier ou un acteur et qui n'est pas échangées ne se justifie pas pour la mise en place de la MN.

Ceci n'interdit pas chaque acteur d'avoir à définir ou utiliser des standards propres à son métier.

Il ne faut donc **pas s'immiscer dans les modèles internes des acteurs**.

Le tri doit se faire à partir des entrants de chaque acteur La manière la plus pragmatique de limiter la standardisation pour la MN est donc d'identifier pour chaque acteur **de quelles informations il a besoin** pour réaliser sa mission et quels acteurs doivent les lui fournir.

Ces entrants doivent être standardisés.

La problématique Le problème actuel est que cet inventaire des besoins d'informations se fait sur chaque projet en fonction des acteurs qui participent au projet.

Cet inventaire n'est en général pas réutilisable sur un autre projet.

L'intérêt de la standardisation est donc de **faire cet inventaire de manière plus collégiale pour la profession** afin d'éviter cette analyse par projet, et surtout de pouvoir développer des outils d'échange performants.

L'exemple des IFC

La démarche pour le bâtiment

Le secteur du bâtiment a entrepris depuis quelques années une démarche de standardisation. Une **association internationale, BuildingSmart**, a été créée et celle-ci s'est organisée en chapitres nationaux. **Medi@construct est le chapitre français** de BuildingSmart.

Medi@construct réunit tous les acteurs intervenant dans le bâtiment y compris les éditeurs de logiciels. Des groupes de travail mixtes sont constitués pour traiter des sujets d'intérêt commun dont **l'établissement du standard IFC**.

Un Club des Usages réunit les utilisateurs pour partager les retours d'expérience des applications.

Medi@construct assure les **actions de communication** pour promouvoir l'usage de la maquette numérique et des IFC.

Les IFC (**Industry Foundation Classes**, ou encore Information For Construction) sont un modèle de données destiné à faciliter l'interopérabilité des données relatives à un bâtiment tout au long de son cycle de vie.

C'est un modèle orienté objet qui définit des classes associées à tous les objets de la construction. Ainsi un mur n'est pas un ensemble de lignes mais un objet avec des attributs et des relations.

Ce format développé par l'IAI (*International Alliance for Interoperability*) est **neutre et ouvert**, si bien qu'il peut être pris en charge librement par les fournisseurs de logiciels spécialisés dans la modélisation du bâtiment et de sa gestion. Il est défini par la **norme internationale** ISO 16739.

Les extensions des IFC

Des extensions des IFC ont été entreprises :

- Pour les ouvrages d'art, à l'initiative du SETRA, des **IFC Bridge** ont été élaborés mais ils n'ont pas encore débouché sur la publication d'une norme.
- Pour les routes, un groupe de travail international a commencé la réflexion sur des **IFC Road**, mais les travaux sont à l'arrêt par manque d'un leadership porteur.

Les autres standards existants

Il n'est pas question ici de lister les standards existants dans les différents domaines concourant à la réalisation des infrastructures. Notre objectif est de prendre quelques exemples pour montrer comment ces standards devront être pris en compte pour l'élaboration du standard avec la MN.

GeoXML Le format GeoXML fait l'objet d'une norme ISO 14688-3. Il traite des échanges de données sur la dénomination et la description des sols.

Il ne fait aucun doute que ce format doit servir de départ pour la standardisation des informations sur le sous-sol.

EDIGEO En France, sous l'impulsion des services de l'État, une norme expérimentale d'échange des données géographiques numériques intitulée EDIGÉO a été proposée par le CNIG (référence AFNOR Z 13-150). La Direction Générale des Impôts DGI a par exemple publié un standard d'échange des objets du plan cadastral informatisé fondé sur la norme EDIGÉO, en 1995.

CityGML Ce standard, extension de Geographic Markup Language (GML) ne fait pas l'objet d'une norme, mais est appliqué par des fournisseurs de données tels que l'IGN ou des éditeurs. Il traite des données globales sur la ville (carto 3D ou Bâti 3D).



Land XML Ce standard ne fait pas l'objet d'une norme, mais est utilisé par des éditeurs de logiciels infrastructures.

Il standardise certains éléments de géométrie.

Des outils de traduction de formats Du fait du manque d'interopérabilité native des logiciels, des outils tiers se sont développés pour passer d'une plateforme à une autre. Certains éditeurs proposent :

- des couches logicielles, gratuites, permettant à l'utilisateur de concevoir son propre outil, ,
- des outils, clés en main, payants.

Par exemple, on peut citer le produit FME, permettant de traduire près de 250 formats des éditeurs comme : Autodesk, ESRI, Google, IBM, Informatica, Intergraph, MapInfo, Microsoft, Oracle, Smallworld, etc.

Une complémentarité à organiser Le standard d'échange des informations sur un projet d'infrastructure a un objectif différent de ces standards plutôt spécialisés.

Il convient sans doute de voir dans ces standards ce qui doit être récupéré pour les échanges globaux.

La standardisation consistera donc à lier un standard chapeau à un réseau de standards spécialisés en évitant les chevauchements qui pourraient conduire à des incohérences.

Nos conclusions

Sur le sujet de la standardisation, nous arrivons à trois conclusions fondamentales pour la suite du projet COMMUNIC.

S'appuyer sur l'expérience de Medi@construct

Nous constatons que la démarche de Medi@construct sur le bâtiment est analogue à celle que nous avons imaginée pour donner suite à COMMUNIC. Il convient donc de rapprocher les deux démarches.

Promouvoir l'extension des IFC vers un IFC infra

Les principes des IFC sont, eux aussi, analogues à ceux que nous proposons. C'est donc bien une extension des IFC qui nous paraît la solution la plus simple à mettre en œuvre.

Conserver au maximum les standards existants

Il semble prudent de ne pas déstabiliser les spécialistes des métiers en leur demandant de modifier leurs standards. Il faut donc retenir le principe de travailler sur un standard chapeau commun en traitant les incohérences entre standards par des arbitrages pertinents.

8 - Au delà de COMMUNIC

Prolonger la dynamique créée par COMMUNIC

Les propositions formulées par COMMUNIC trouvent leur **légitimité** dans la diversité, la complémentarité et la représentativité des acteurs qui ont largement débattu pour les élaborer collégalement.

Nous sommes conscients du chemin qui reste à faire pour pouvoir bénéficier de toutes les valeurs attendues du modèle global auquel nous sommes arrivés.

Ce changement ne pourra être conduit que si c'est **l'ensemble du secteur** du BTP qui donne une suite au projet.

Créer un « Club COMMUNIC »

Nous avons donc décidé de créer un club autour des partenaires du projet pour promouvoir COMMUNIC et être **un catalyseur de l'ensemble du secteur**. Nous parlons d'un « **Club COMMUNIC** » sans présager de la structure juridique de ce groupe qui reste à étudier. Cette structure pourrait être une association similaire ou intégrée à une structure existante.

Intégration à Medi@construct ?

Nous avons déjà pris des contacts avec **Medi@construct**, chapitre français de BuildingSmart qui assure la promotion de la maquette numérique du bâtiment et du standard neutre d'échange IFC. Nous pourrions constituer un collège infrastructures à l'intérieur de Medi@construct.

Lien MICADO

Il conviendra également de poursuivre nos travaux avec l'association **MICADO** qui œuvre aussi au développement du travail collaboratif dans l'ensemble des secteurs.

Un club ouvert à toutes les compétences utiles

Bien entendu il est nécessaire d'associer à ce club d'autres acteurs et les organismes qui les fédèrent tels que :

- Donneurs d'ordre
- FNTF pour les **constructeurs**,
- Syntec pour les **ingénieries**,
- UNSFA pour les **architectes**,
- **éditeurs** de logiciels ,
- organismes de **formation**, Écoles et Universités,
- etc.

Les 3 directions d'action du club

le club conduira les actions de promotion du modèle dans trois directions :

- Actions de **diffusion** et de valorisation de la recherche.
- Actions de développement **technologique**.
- Actions de développement **expérimental**.

Diffuser et valoriser les travaux de COMMUNIC

Il s'agit de participer aux manifestations des différentes instances qui permettent de toucher le maximum d'acteurs.

L'objectif sera d'informer, de recueillir les **réactions** et de motiver pour **participer à l'évolution**. Parmi les acteurs à rencontrer on peut d'ores et déjà noter :

- les administrations,
- les donneurs d'ordre et maitres d'ouvrage,
- les éditeurs de logiciels,
- les exploitants d'infrastructures,
- les ingénieries (maitres d'œuvre, BET) et la fédération SYNTEC,
- les architectes et paysagistes et la fédération UNSFA,
- les entreprises du BTP et la fédération FNTF,
- les industriels fournisseurs du BTP,
- les bureaux de contrôles,

Utiliser les supports écrits

La diffusion consiste aussi à diffuser des écrits qui pourront prendre les formes suivantes :

- **Articles** dans les revues spécialisées : Travaux, Routes et aérodromes, etc.
- **Brochures** de présentation des résultats et actions (éventuellement multilingues).
- **Lettre** d'information.

Participer à l'adaptation des réglementations

Le club pourrait être un interlocuteur reconnu des administrations pour participer à l'évolution des réglementations :

- Évolution du référentiel général de l'interopérabilité (**RGI**),
- Loi MOP
- CCAG, CCTG, ...
- Directives et arrêtés sur le **contenu des études**,
- Etc.

Accompagner l'évolution des formations

Il s'agit d'aider les organismes de formation, les écoles et les entreprises à mettre au point les formations pour :

- Le développement de la **conception 3D**.
- La création du métier de **gestionnaire de maquette**.
- L'**usage** de la MN.
- La connaissance des **standards** d'échange.
- L'ingénierie concourante (**IC**).

Contribuer au développement technologique**Prescrire un modèle de données et un standard neutre d'échange**

Il s'agit de définir le **modèle de données** des projets d'infrastructures à partir des principes proposés par COMMUNIC. Ce modèle sera traduit dans un **standard neutre d'échange** qui nous semble pouvoir être une extension des IFC au domaine des infrastructures.

Pour cela, il faut un travail collaboratif entre :

- les **professionnels utilisateurs** des outils
- les **éditeurs** des logiciels

C'est un travail important et qu'il faut inscrire dans la durée. Il nécessite aussi une coordination internationale car une norme standardisant les échanges ne peut être qu'internationale.

Medi@construct a créé à cet effet pour le bâtiment un « Club des usages » et c'est sans doute une structure analogue qu'il convient de créer. Ceci conforte l'orientation envisagée d'une intégration du Club COMMUNIC dans Medi@construct

Vu l'importance du travail à réaliser, il faut envisager le montage d'un projet de recherche pour en assurer le financement.

Accompagner les adaptations et/ou développements des logiciels

Les **outils existants, spécialisés** dans chaque métier, ne sont pas interopérables car ils ne respectent pas un standard commun pour les données dont ils ont besoin et pour les résultats qu'ils produisent. Il faudra aider les éditeurs à **réaliser les adaptations et en tester l'usage**. Le club pourrait être un relai pour cela.

Par ailleurs, il va falloir doter la profession des **outils collaboratifs de la maquette numérique** pour la gestion des informations et la synthèse : PLM, navigateurs, vérificateurs, etc. Le club aura à **mobiliser les éditeurs** pour leur développement, préciser les **fonctionnalités** et organiser les **tests**.



Favoriser les expérimentations

Conduire le changement de manière pragmatique

Le processus de changement sera long, les évolutions des autres secteurs y compris en bâtiment le montre. Il faut donc faire preuve de pragmatisme.

Certains standards existent déjà dans certains domaines. Certains outils de conception sont déjà basés sur une modélisation d'objets en 3D. Certains outils collaboratifs (SIG, GED) existent.

Il faut donc commencer rapidement à **mettre en application** les principes, même si c'est :

- de façon imparfaite, c'est-à-dire **pas complètement automatique**,
- sur **un domaine** partiel d'une infrastructure (ouvrage d'art par exemple)
- sur **une phase** déjà bien structurée (projet d'exécution par exemple)
- avec un nombre limité d'**acteurs partenaires** (dans le cadre d'un design and build par exemple)

Afin de capitaliser de telles expériences, le club pourrait être associé et apporter une assistance.

Identifier dans le club les donneurs d'ordres et les projets pilotes

Le club réunissant les différents acteurs permet d'identifier les donneurs d'ordre motivés pour **proposer les projets pilotes** d'application.

Dans le domaine du bâtiment, certaines collectivités se sont proposées et rendent compte de ces tests au Club des Usages. Il conviendra de transposer cette pratique.