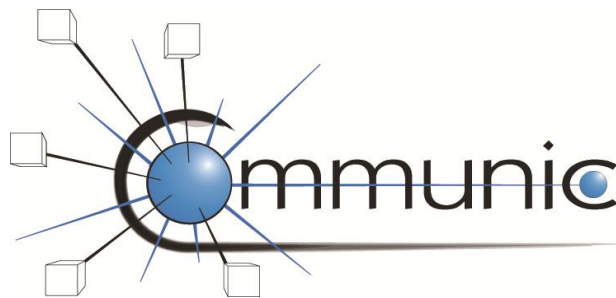


COMMUNIC

Livrables

L3 : Programme fonctionnel de la maquette numérique

Version du 10/12/2010



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



Présentation du livrable L3	3
COMMUNIC : un mémoire, trois livrables	3
Contenu des chapitres du livrable L3.....	4
Aide à la lecture	5
A - Contexte	7
A1 - Contexte organisationnel	8
A2 - Contexte métier	10
A3 - Projets concernés	13
B - Fonctionnalités	17
Introduction.....	18
B1 - Modeler	19
B2 - Échanger.....	22
B3 - Calculer et simuler	23
B4 - Gérer	25
B5 - Voir.....	27
B6 - Optimiser	29
C - Architecture	31
C1- Architecture globale	32
C2 - Répartition des fonctionnalités	37
C3 - Bilan de l'architecture.....	39
D - Composants logiciels	41
Introduction.....	42
D1 - Outils de gestion de la PCE.....	42
D2 - Outils de synthèse de la PCE	47
D3 - Passerelle d'Échange	53
D4 - Outils métier	55
D5 - Bilan sur les outils	56
E - Modèle de données	57
Introduction.....	58
E1 - Caractéristiques générales d'un modèle de données	59
E2 - Le modèle de données COMMUNIC	61
F - Feuille de route vers un standard d'échange COMMUNIC.....	65
Introduction.....	66
F1 - Utilisation des standards existants	68
F2 - Boite à outils.....	73
Annexe 1 : Logiciels métier.....	75
Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo	76
Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures.....	119

Présentation du livrable L3

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 best soccer tips predictions 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®.

	L3 : Programme fonctionnel de la maquette numérique	Page 3 sur 132
	Livrables	Version du 10/12/2010

Contenu des chapitres du livrable L3

Les chapitres

Le tableau ci-dessous présente les chapitres :

Chapitre	Titre	Contenu
A	<i>Contexte</i>	Organisations constituant l'environnement de la MN. Caractéristiques des métiers concernés. Projets qui seront choisis pour mettre en place la MN.
B	<i>Fonctionnalités</i>	Six fonctionnalités majeures qui permettent de conduire un projet d'infrastructure.
C	<i>Architecture</i>	Structure des fonctionnalités pour présenter un schéma d'architecture des logiciels et répartir les fonctionnalités dans chacun des outils.
D	<i>Composants logiciels</i>	Caractéristiques de chaque type de logiciel du schéma qui nous semblent indispensables.
E	<i>Modèle de données</i>	Éléments fondateurs d'un modèle de données pour pouvoir mettre en place une MN conforme au modèle global de COMMUNIC.
F	<i>Feuille de route vers un standard d'échange COMMUNIC</i>	Grandes lignes du plan d'action qu'il faut mettre en œuvre pour disposer du standard d'échange, modèle de données et format neutre, qui conditionne le modèle global.

Les annexes

Pour faciliter la lecture du document, nous joignons en annexe :

- Les logiciels métier.
- Le compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo.
- L'analyse de la transposition des IFC.

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 référenciation, 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

A - Contexte

A1 - Contexte organisationnel	8
Schémas contractuels de passation des marchés	8
Développement des projets intégrés.....	8
Accélération des processus d'échange de données	9
Organisation du secteur	9
A2 - Contexte métier	10
La conception 2D/3D	10
Les supports d'échange	11
Spécificités de la géotechnique	11
De nombreux logiciels	12
Retour d'expérience de la tâche 4.....	12
A3 - Projets concernés	13
Critères de sélection des projets	13
Grands projets complexes.....	14
Les plus petits projets.....	15
Synthèse	15



A1 - Contexte organisationnel

Plusieurs facteurs récents sont venus « modifier la donne » et favoriser l'utilisation des outils de MN.

Schémas contractuels de passation des marchés

Type 1 : Conception – Appel d'offres – Réalisation

Les grands projets d'infrastructure (routiers, ferroviaires, industriels) sont actuellement réalisés sous 3 types de contrats présentés ci-dessous.

Dans le type 1, " Conception – Appel d'offres – Réalisation", la conception est réalisée **en amont**.

L'entreprise de construction détermine ensuite les méthodes de réalisation les plus appropriées pour réaliser au meilleur coût un projet prédéterminé. Les marchés de travaux peuvent même être attribués en **lots séparés** (métal, béton, etc.).

Type 2 : Conception – Réalisation ou "Design & Build"

Le type 2 est appelé "Conception – Réalisation" ou "Design & Build" (D&B). Il rassemble chez un même contractant **l'ensemble de la chaîne** allant de la conception à la réalisation.

Type 3 : concessions ou PPP

Dans le type 3, "Concessions" ou "PPP", le contractant est à la fois maître d'ouvrage, concepteur, constructeur et exploitant pour une durée déterminée. On parle aussi de **BOT** (Build – Operate – Transfert). C'est la forme **la plus intégrée** de conception.

À l'issue de la concession, le concessionnaire remet l'ouvrage au concédant.

Développement des projets intégrés

Les types 2 et 3 en fort développement,...

Le premier type de contrat est le plus répandu. Mais, les types 2 et 3 sont en fort développement et sont choisis pour traiter les plus **grands projets** d'infrastructures (autoroutes, voies ferrées, stades, complexes divers, etc.).

... et les plus favorables à l'ingénierie concourante

Dans les contrats classiques de type 1, les évolutions de projet sont répercutées sur un ensemble de plans 2D. Cela passe par un long processus de demandes de modification, approbation, générant des coûts et des délais importants.

Les types 2 et 3, en revanche, rassemblent dans une même entité la conception, le choix des méthodes de réalisation, des équipements et les modes d'exploitation. En conception intégrée (contrats type 2 et 3) les études peuvent être **anticipées** et les prestations et sous-traitants impliqués plus **en amont**. Ils sont donc les plus favorables à la mise en place d'un outil intégré type MN.



Accélération des processus d'échange de données

Un besoin de fluidité des échanges...

À ce jour, l'accélération des échanges se traduit par un volume important d'informations (format texte ou fichiers de dessin) transitant par les messageries.

Les messageries des participants peuvent s'en trouver saturées. Les volumes sans cesse croissants d'information entraînent donc un besoin également accru de fluidité des échanges.

... partiellement traité par la GED...

Sur les grands projets d'infrastructure (autoroutes, lignes ferroviaires à grande vitesse, etc.), la mise en place d'une **GED** a simplifié et canalisé la gestion du flux d'information. Cependant, elle n'a pas apporté de réponse quant à la **représentation** du projet en objets manipulables et paramétriques.¹

... et adressé par la MN

Le développement des contrats de type 2 et 3 constitue une forte opportunité pour l'adoption d'un outil de MN, seul capable d'**assurer une conception intégrée** en temps limité avec analyse multicritères des performances requises au cahier des charges.

Organisation du secteur

La diversité des acteurs était un frein au partage des outils

Dans l'industrie (et en particulier l'automobile, l'aéronautique, la construction navale), le processus de conception est organisé par un **acteur puissant** qui choisit ses outils et les diffuse auprès de ses partenaires et sous-traitants.

Dans le BTP, les acteurs sont très nombreux que ce soit les maîtres d'ouvrage, les ingénieries, les entreprises ou les fournisseurs. **Aucun d'entre eux** n'est en position pour choisir un outil ou un standard et l'imposer aux autres acteurs.

Ils ne partagent donc **pas d'outils communs** à part les logiciels bureautiques de base du marché et les logiciels de dessin généralistes. Cette organisation explique le grand nombre de logiciels utilisés, nombre qui constitue de fait un frein à l'émergence d'outils communs.

¹ Un système de modélisation paramétrique est un système qui enregistre non seulement la géométrie explicite de l'objet conçu ("objet paramétrique" ou "instance courante"), et aussi un mécanisme capable de la réévaluer lorsque certains paramètres sont modifiés ("processus de conception", "gestes constructifs" ou "spécification paramétrique"). <http://www.lisi.ensma.fr/fr/equipes/idd/geometrieparametrique.html>

A2 - Contexte métier

La conception 2D/3D

Vue d'ensemble

La base installée de logiciels de dessin 2D ou 3D compte plusieurs **milliers de licences** dans l'hexagone. Cependant, les produits de MN ne comptent que **quelques unités** dans les bureaux d'études, ingénieries et entreprises intervenant dans le domaine des grandes infrastructures linéaires. Les acteurs du bâtiment (architectes, BET, etc.), eux, disposent d'outils du commerce **adaptés** à leur métier.

Les plans de génie civil sont en grande majorité réalisés à l'aide de **logiciels généralistes**, principalement Autocad (éditeur Autodesk). Leur emploi s'accompagne ou non d'applications complémentaires "métier" pour le tracé routier par exemple, pour la mise au point des plans d'armatures de béton armé ou pour le tracé de charpente métallique. Ces logiciels spécialisés rassemblent toute l'expertise d'un domaine et doivent être préservés ou transposés dans le **nouvel outil**.

De nombreux métiers conçoivent encore en 2D

Les outils actuels de conception ont été conçus pour automatiser les méthodes anciennes de conception qui étaient manuelles.

Certaines ont donc exploité le caractère **linéaire** de certaines infrastructures (routes, voies ferrées, etc.) et la conception se fait encore en « 3 fois 2D ». On travaille d'abord sur le **tracé** en plan, puis on **cale** un profil en long, et enfin on **attache** des profils en travers. Chaque étape se fait donc bien en 2D.

Pour d'autres infrastructures, on raisonne parfois en **surfacique** (pas d'axe en plan privilégié). Les éléments de conception sont toujours des profils en long, des coupes, des profils en travers.

Les méthodes d'exécution ont été adaptées à ces principes de conception avec par exemple l'**implantation d'axes** puis des points caractéristiques des profils en travers. Les domaines concevant ainsi sont, par exemple :

- géométrie,
- terrassement,
- assainissement,
- chaussées,
- équipements longitudinaux.

Quelques conceptions se font en objets 3D

Certains métiers ont été amenés à manipuler des objets 3D. Les outils qui ont été développés correspondent plus à une conception en 3D. C'est le cas par exemple :

- ouvrages d'art,
- bâtiments d'exploitation,
- certains équipements plus industriels.

Voir en 3D le résultat géométrique de la conception

Le concepteur a toujours voulu visualiser sa conception. Sans parler des maquettes physiques, rarement mises en œuvre, il a utilisé des :

- **dessins**,
- **perspectives**,
- **vues automatiques 3D** que beaucoup de logiciels de conception ont intégrées dans leurs fonctionnalités,
- **maquettes virtuelles** que certains prestataires proposent en temps réel depuis plus d'une dizaine d'années.

Cette vision en 3D des ouvrages conçus ne doit pas être confondue avec la conception en objets 3D volumiques auxquels sont attachées les informations. C'est cette conception que la MN va exploiter pleinement.



Intégration des données environnementales

En plus des habituels métrés ou calculs de résistance des matériaux, les projets actuels doivent intégrer des paramètres environnementaux, **dès la phase préliminaire de conception**, par exemple :

- bilan carbone,
- performances thermiques,
- performances acoustiques,
- performances énergétiques,
- impacts sur la biodiversité,
- compensations foncières.

Ces paramètres doivent être quantifiés et sont susceptibles d'être utilisés pendant toute la vie de l'ouvrage. Il faut donc que la **MN gère les données** qui permettent ces évaluations.

De plus, il est souhaitable d'en avoir une **représentation virtuelle** la plus réaliste possible. Elle intègre un grand nombre de composants avec possibilité de simuler/optimiser le fonctionnement du projet, en phase travaux ou en phase exploitation.

On aboutit ainsi à un véritable **suivi de l'ouvrage** pendant toute sa vie, ce qui est la définition même du PLM.

Les supports d'échange

Les sortants ne sont pas réutilisés d'un métier à l'autre

Le processus de conception s'élabore **spécialité par spécialité** ("métier par métier"), avec peu de réutilisation de la géométrie de base ou des sortants d'un métier à l'autre. Par exemple la géométrie **n'est pas reliée** aux :

- **outils de planification** pour visualiser les phases de travaux,
- **logiciels d'étude de prix** (directement) même s'il peut comporter des outils de métrés pour calcul des quantités.

Les échanges d'informations se font par documents...

Les documents supportant les échanges d'informations sont :

- plans,
- notes de calculs,
- rapports,
- nomenclatures.

Ils peuvent être sur support papier ou électronique. Ils ont l'inconvénient de regrouper de nombreuses informations. Cela rend très lourd le processus de validation avec des **versions successives** dès qu'il y a une information modifiée. En effet, l'ensemble des informations du document doit être à nouveau validé, y compris les informations non modifiées.

... seuls gérés de manière collaborative

Le seul outil collaboratif fréquemment utilisés est la **GED**. Elle est adaptée aux échanges de documents.

Il faut **passer à la MN** pour pouvoir gérer les échanges d'informations.

Spécificités de la géotechnique

Un élément stratégique de la conception

Les ouvrages de génie civil (ponts, infrastructures linéaires routière, ferroviaire ou fluviale, barrages, ports) sont étroitement dépendants au niveau de leur conception et des choix constructifs du **contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique** du site dans lequel ils s'intègrent.

La bonne connaissance du modèle géotechnique est donc un élément stratégique pour le succès technique et économique du projet. C'est une spécificité très importante des infrastructures que la **MN aide à traiter**.



**Modéliser
les incertitudes
et les risques**

Une méthodologie doit permettre d'élaborer un modèle géotechnique avec une **maîtrise des incertitudes et des aléas**. Ce modèle rend ainsi mesurable le risque géotechnique du projet.

Il est bâti à partir de données variées :

- cartes géologiques,
- relevés visuels,
- sondages,
- essais.

Ces données sont ensuite traitées par des outils statistiques, d'interpolations et d'extrapolations pour **modéliser** les terrains et leurs caractéristiques.

**Des représentations
adaptées aux usages**

Le concepteur et le client ont besoin d'une image claire de **l'organisation spatiale des matériaux** constituant le sous-sol, de leurs interactions et de leurs caractéristiques.

En fonction de l'usage qu'il veut faire du modèle géotechnique, chaque acteur utilise des plans, des coupes, des profils en long et de nombreux tableaux.

Les modèles objets 3D fournis par la MN doivent donc être **paramétrés et spécifiques** à chacun des usages qui constituent autant de systèmes :

- vision par nature des matériaux,
- conditions d'extraction,
- conditions de réutilisation,
- portance,
- déformabilité et compressibilité,
- réseau hydrogéologique.

L'organisation de ces différentes visions du modèle est un enjeu pour la MN.

**De nombreux
logiciels**

La MN permet d'échanger des données avec les logiciels métier de tous les domaines du secteur. Ces logiciels sont **très nombreux** et répondent aux spécificités de chacun des métiers.

**Les logiciels métier
doivent évoluer vers
un standard commun**

Lorsque des logiciels sont systématiquement complémentaires, les éditeurs ont développé des **passerelles d'échange** des données et résultats. Vu le nombre de logiciels, il est utopique de développer et surtout de maintenir des passerelles pour tous les échanges qui sont souhaités.

L'enjeu est donc de **développer un standard neutre** et partagé par la profession que ce soit sur un modèle de données ou sur un format d'échange.

**Inventaire des
logiciels métier**

Faire l'inventaire de tous les logiciels métiers utilisés n'apporte rien à la définition du modèle global, de l'architecture ou du modèle de données proposés par COMMUNIC. L'adaptation se fait au cas par cas pour chaque logiciel à l'initiative de l'éditeur.

Pour permettre au lecteur de **juger de la diversité**, une liste de logiciels disponibles a été dressée. Elle est reportée en annexe.

**Retour d'expérience
de la tâche 4**

Nous avons, en tâche 4, réalisé des expériences sur la mise en œuvre du modèle global. Elles nous ont permises de constater :

- L'extrême difficulté pour faire communiquer les logiciels existants entre eux.
- Les faiblesses des logiciels de conception/modélisation pour générer les objets de la MN et d'y attacher les informations.

Le compte rendu de cette tâche 4 détaille nos constats. Il est joint en annexe de ce livrable L3.



A3 - Projets concernés

Critères de sélection des projets

Ci-dessous, nous listons les critères de sélection des projets pour lesquels il sera recommandé de mettre en place une MN.

Collaboration entre les acteurs

Lorsqu'un projet nécessite la collaboration des acteurs pour être réussi, l'utilisation d'une MN devient incontournable. Voici quelques éléments d'explication :

Facteur	Détails
Schéma contractuel de conduite	Les concessions ou D&B sont les schémas pour lesquels la question ne se posera bientôt plus. Pour les schémas plus classiques, l'intérêt est le même. Mais, le plus grand nombre de contractants rend sa mise en place et sa gestion moins naturelle. C'est la volonté du MOA qui doit en être le moteur.
Mode de production de la conception et/ou de la construction	Dès que des équipes sont localisées dans des sites différents parfois très éloignés , il y a risque de segmenter la production et de passer à coté des opportunités d'optimisation.
Nombre de spécialités assemblées pour réaliser le projet	Plus les spécialités sont nombreuses, plus il est difficile de faire partager un objectif unique d'optimisation du projet. La MN y aide.
Délai ne pouvant être tenu qu'en ingénierie concurrente	Les anticipations de tâches créent des risques que la MN aide à maîtriser.

Il est donc justifié de se doter d'un outil facilitant la communication et les échanges entre les acteurs qu'ils soient directs ou influents.

Complexité

La complexité des projets est le premier critère auquel on pense pour juger de l'intérêt de faire appel à une MN. En voici quelques facteurs explicatifs :

- **Taille du projet** qui rend la mémorisation de l'ensemble du projet impossible pour un chef de projet même expérimenté. Il faut structurer le projet et organiser et gérer des responsabilités partielles.
- **Techniques** de plus en plus sophistiquées, employées pour réaliser les ouvrages.
- **Phasages d'interventions** en milieu urbain, de plus en plus complexes.
- **Nombre d'acteurs** de plus en plus important, qu'ils soient directs pour concevoir et construire, ou influents pour accepter ou approuver les projets.
- **Contraintes** juridiques, financières ou environnementales qui obligent à maîtriser les risques et à les répartir entre tous les acteurs.
- **Développement durable** qui nécessite des évaluations complètes allant de la construction jusqu'à l'exploitation et même au démantèlement.

Type de financement

Les montages financiers des projets d'infrastructures sont de plus en plus **complexes et mixtes** (publics et privés). Le coût des projets doit donc être **suivi et compris** par des financiers fortement soucieux de rentabilité. Ils doivent comprendre le projet et en évaluer les risques.

La MN doit donc être un outil permettant de répondre à cette attente.

Taille

La taille du projet ne joue pas sur les optimisations procurées par une MN notamment en termes de qualité, de coût et de délai. En effet, les petits projets, moins médiatisés que les mégaprojets, se heurtent de plus en plus aux mêmes **contraintes financières et environnementales**.

Les simulations et évaluations de toutes natures sont devenues une nécessité et une MN aidera à les réaliser.

Grands projets complexes

Les grands projets complexes sont par exemple les grandes routes, les auto-roues, les lignes ferroviaires, les canaux, les tunnels, les grands ouvrages d'art. Le tableau suivant résume leurs caractéristiques majeures.

Caractéristique	Détails
Taille	Ils s'étendent souvent sur des longueurs de plusieurs dizaines de kilomètres , voire quelques centaines.
Coût	Les coûts de réalisation sont très importants et se comptent en général en centaines de millions et dans certains cas en milliards d'euros.
Environnement	L'intégration dans l'environnement est stratégique et fortement médiatisée.
Montages	Les montages juridiques, financiers et contractuels sont complexes (concession, PPP).
Temps	Il s'écoule en général plus d'une décennie entre l'initialisation et la mise en service de l'ouvrage.
Volume	L'appellation « Grands Projets » n'étant pas officiellement définie, il est difficile d'estimer les investissements annuels correspondants. Néanmoins, ils sont estimés en France autour de 3 milliards d'euros par an. L'estimation au niveau international est encore plus difficile à faire, mais l'estimation est de plusieurs dizaines de milliards d'euros par an.

Les grands projets, moteur de l'évolution vers la MN

L'apport de la MN sur ces projets est évident vis-à-vis de tous les critères précédents : collaboration, complexité, financement, taille.

Les outils développés par les autres secteurs d'activité industriels ne sont pas directement utilisables pour ces grands projets d'infrastructures. En effet, leur **environnement diffère** fortement. Mais, les **fonctionnalités** attendues sont **similaires** et de nombreux modules ou briques n'ont qu'à être adaptés.

C'est donc certainement par ces grands projets que l'utilisation de la MN se développera en premier dans le secteur des infrastructures.

Les gains attendus sont à l'échelle des investissements nécessaires

L'optimisation des projets par la mise en place d'une MN et du travail en ingénierie concurrente réduit les coûts d'investissements. **Un gain de 5% paraît un minimum.**

Avec cette hypothèse, on voit que le seul marché français des grands projets d'infrastructures peut procurer un **gain de 150 millions d'euros** par an.

Ce montant montre que les acteurs doivent pouvoir financer les développements et investissements nécessaires au travail collaboratif avec une MN. Il reste à trouver le mécanisme permettant d'identifier les économies réalisées et de les affecter aux acteurs qui auront investi.

Les majors de la profession doivent porter le changement

L'évolution passe par une implication des grandes entreprises et ingénieries qui sont positionnées sur ce marché des grands projets. L'opportunité est que ces acteurs sont relativement peu nombreux. Une volonté commune de développer la MN permet donc de conduire le changement

... pour permettre in fine à tous les acteurs d'en bénéficier

L'objectif de travail collaboratif par la MN ne doit pas se limiter aux acteurs majeurs. Une des caractéristiques des projets d'infrastructures est de mobiliser de **nombreux acteurs de tailles très différentes**. L'outil doit donc leur être ouvert progressivement et sans leur demander des investissements qu'ils ne pourraient supporter.



Les plus petits projets

Les plus petits projets sont évidemment les plus nombreux. Le tableau suivant résume leurs caractéristiques majeures.

Caractéristique	Détails
Taille	Ils concernent soit des ouvrages de taille plus réduite, soit des aménagements d'ouvrages en service.
Coût	Ces projets dont le coût peut varier de quelques millions à quelques dizaines de millions d'euros sont évidemment les plus nombreux et représentent sans doute 80 à 90% des investissements totaux (plusieurs dizaines de milliards d'euros par an en France).
Complexité	Leur complexité est néanmoins souvent grande, en particulier pour les ouvrages en service.
Acteurs	Les acteurs intervenant sur ces marchés sont enfin très nombreux et sont de tailles variables, mais souvent petites (PME).

Une diffusion plus lente, mais inéluctable de la MN

La taille de chaque projet **ne permet pas**, en principe, **de financer** les nécessaires investissements pour implanter une MN.

En revanche, lorsque les outils et les méthodes seront mis au point **sur des grands projets**, il ne fait aucun doute qu'ils seront utilisés pour pratiquement tous ces projets.

La profession aura à :

- **diffuser les méthodes ;**
- **former les utilisateurs ;**
- **rendre l'outil MN accessible** à tous à un coût en adéquation avec les économies générées sur chaque projet.

Synthèse

Tous les marchés concernés à terme

La **totalité** des marchés d'infrastructures est donc concernée par le développement de la MN. Il faut avoir cet objectif en tête pour concevoir les outils et conduire le changement.

Une diffusion progressive

Il est probable que la diffusion de la MN passera par des étapes permettant de limiter les risques pris :

- Commencer par des **parties limitées** d'un grand projet avec l'implication des acteurs majeurs du projet (maître d'ouvrage, ingénierie principale, constructeur principal).
- Étendre à la totalité d'un grand projet avec l'implication des mêmes **acteurs majeurs**.
- Étendre, toujours sur un grand projet à la **totalité des acteurs**.
- Utiliser la MN sur des projets de **plus en plus modestes**.

Un changement lent, mais urgent

Ce changement a, sous certains aspects, déjà commencé avec l'évolution des logiciels vers la 3D, le développement des D&B, PPP et concessions.

L'**utilisation** d'une MN partagé sur la totalité d'un grand projet d'infrastructure pourrait être une réalité dans **les 5 années à venir**.

La **diffusion** progressive de la MN sur la majorité des projets devrait intervenir dans la **prochaine décennie**.



Page laissée blanche intentionnellement

	L3 : Programme fonctionnel de la maquette numérique	Page 16 sur 132
	Livrables	Version du 03/12/10

B - Fonctionnalités

Introduction	18
Les fonctionnalités concernées	18
Un inventaire à répartir dans un schéma d'architecture	18
B1 - Modeler	19
Logiciels de modélisation 3D	19
Logiciel de modélisation des projets d'infrastructures	20
Visualisation en temps réel de la conception des objets	20
Des objets à standardiser	20
Autres fonctions à modéliser	21
La performance des logiciels	22
Les liens parents/enfants.....	22
B2 - Échanger	22
Exporter et importer.....	22
...en utilisant la passerelle d'échange.....	22
B3 - Calculer et simuler	23
Exploiter les données.....	23
Simuler le mouvement des terres	23
Autres logiciels de simulation.....	23
Des simulations fortement itératives.....	23
Gérer les simulations itératives	24
Lier le modèle géométrique avec les modèles analytiques	24
Pré-processeur / post-processeur	24
B4 - Gérer	25
Une MN rigoureusement administrée	25
La qualité des imports et des exports	25
Donner confiance par des données privées protégées.....	25
Un hébergement pérenne de la MN.....	26
Une maquette principale et des maquettes secondaires synchronisées	26
B5 - Voir	27
Un outil de visualisation complémentaire aux visualisateurs métiers	27
Des visualisations adaptées à chaque acteur	27
La progressivité et les possibilités de la visualisation.....	28
Fonctions de base	28
Fonctions avancées souhaitables	28
B6 - Optimiser	29
Optimiser, c'est combiner les fonctions de base.....	29
La MN simplifie le travail de l'expert.....	29
... mais c'est toujours l'expert qui optimise	29

Introduction

Les fonctionnalités concernées

Conformément à la présentation des fonctions de l'environnement de travail collaboratif décrites dans le livrable L2-A, nous allons détailler les fonctionnalités qui sous-tendent le modèle global.

Ces fonctionnalités ont toutes l'objectif de coordination et de partage des informations du projet. Indépendamment de leur affectation à tel ou tel logiciel, nous allons donc commencer par les lister et les décrire.

Six groupes de fonctionnalités du modèle global

Nous avons regroupé les fonctionnalités autour de six objectifs du modèle global :

- modeler,
- échanger,
- calculer et simuler,
- gérer,
- voir,
- optimiser.

Ces six objectifs structurent la suite du présent chapitre.

Un inventaire à répartir dans un schéma d'architecture

Le schéma d'architecture des fonctionnalités qui débouche sur l'architecture des logiciels sera présenté aux chapitres C et D. Et, les fonctionnalités des six objectifs présentés ci-dessus seront croisées avec ces schémas.

B1 - Modeler

Logiciels de modélisation 3D

But et utilisation

L'action de **modéliser** (ou modeler) est réalisée au moyen d'un **logiciel de modélisation 3D** (ou modeler 3D), appelé « *authoring tool* » par les anglo-saxons.

C'est une application informatique qui sert à **créer des représentations 3D**, composées de formes complexes ou d'objets en 3D, à partir de primitives de bases ou de définition analytique.

Les logiciels de modélisation 3D sont utilisés :

- Dans l'**industrie en conception** assistée par ordinateur.
- Par les **infographistes** qui réalisent des scènes dédiées à la création d'animation, de présentations ou d'environnements de réalité virtuelle.

Manipulation de formes de base

Ils se basent essentiellement sur la manipulation de formes de base : cubes, sphères, cônes, et même courbes de Bézier ou NURBS² (Non-Uniform Rational Basis Splines). Ils proposent généralement un **ensemble d'outils** qui permettent de modéliser ces formes de base afin d'obtenir des formes plus complexes.

Transformation

Ces logiciels de modélisation peuvent être de simples transformations géométriques. Ils peuvent aussi réaliser des transformations plus complexes, permettant de **modifier** des morceaux de la forme, de les **découper** ou de les **tordre** dans tous les sens.

Ils peuvent intervenir sur **d'autres attributs** comme :

- la texture de l'objet,
- la couleur,
- la manière dont elle transforme la lumière,
- le propriétaire de l'objet,
- la date de création,
- le statut dans les différents flux de validation ou d'approbation.

De plus, ils décrivent **les liens** entre les différents objets, par exemple :

- appartenance ou dépendance,
- contact ou distance à respecter.

La modélisation 3D : une opération progressive et itérative

La modélisation 3D est une opération progressive et itérative. Elle **s'adapte au niveau de détail** de la phase en cours d'étude, depuis les premières esquisses basées sur des représentations géométriques simples de volumes et d'encombrements (parallélépipèdes), jusqu'aux détails les plus poussés de certains accessoires manufacturés (barrières de sécurité, lampadaires, etc.).

Le logiciel de modélisation est une application à **forte valeur ajoutée humaine**, bien qu'il soit assisté par l'ordinateur. Avec un tel logiciel, le concepteur apporte au projet tout son savoir faire, son raisonnement, son imagination et ses connaissances.

² NURBS : représentations mathématiques de la géométrie en 3D pouvant décrire avec précision toute forme, d'une simple ligne 2D, un cercle, un arc ou une courbe à une surface ou un solide organique 3D de forme libre très complexe (<http://www.fr.rhino3d.com/nurbs.htm>).

Logiciel de modélisation des projets d'infrastructures

Le logiciel 3D doit comporter les **fonctions de base** de la modélisation :

- création d'**axes**,
- représentation et manipulation du **terrain naturel** (piquetage de points, courbes de niveaux, triangulation...),
- fonctions avancées nécessaires à la **gestion de l'environnement** indispensable au projet,
- représentation des **couches géologiques** (par extrapolation de points connus), puisque un projet est rarement « au-dessus » du terrain.

Dans le cadre de la conception de projets d'infrastructures, certaines phases de création s'expriment seulement en 2D (en particulier pour certaines vues en plan de courbes complexes, comme les clothoïdes). Il faut donc conserver une **interaction forte** entre un objet 3D et de ses représentations 2D (vues en plans, vue en élévation et coupes en travers).

Visualisation en temps réel de la conception des objets

La modélisation de projets complexes impose une grande dépendance des :

- **objets** entre eux,
- **vues** entre elles.

Des **liens** et des **relations dynamiques** entre les objets et les vues de travail doivent être conservées et mis à jour en temps réel.

Cela permet de travailler sur **plusieurs axes en même temps**, et de mesurer immédiatement l'**impact** de la conception ou de l'optimisation sur l'ensemble du projet ou du sous-projet en cours d'étude.

Des objets à standardiser

Travailler en mode « objet », c'est manipuler les **composants élémentaires** indispensables à tous projets d'infrastructures.

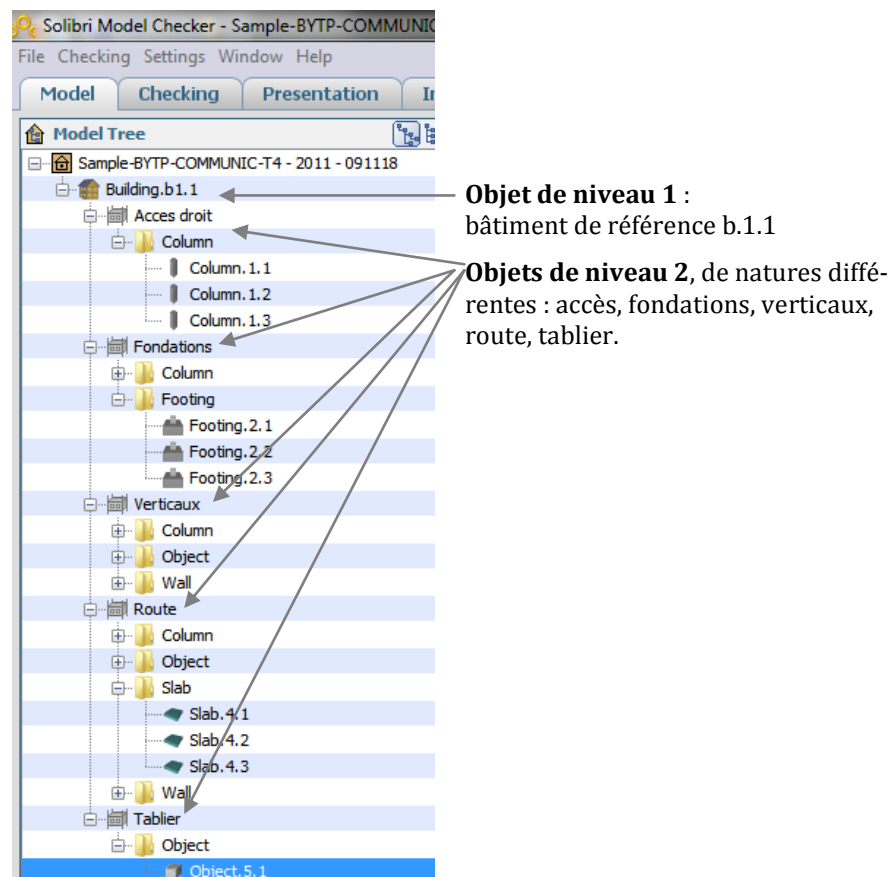


Figure B1-1 : Structuration en objets

**Exemples d'objets
spécifiques
aux métiers**

Voici quelques exemples d'objets spécifiques aux métiers. Leur définition exacte pourrait faire le sujet d'un autre projet de recherche. En effet, il n'existe aujourd'hui **aucune norme complète** décrivant ces objets spécifiques, à part la partie s'intéressant aux ponts, décrite dans la norme IFC-Bridge.

Pour définir	Objets spécifiques
Ouvrage d'Art (PS, PI, Tunnel, Tranchée couverte, giratoire)	Pile Tablier Voussoir (avec nécessité de coupes perpendiculaires à la pente de l'axe)
Terrassement	Déblai / Remblai Purge
Plateformes	Couches de forme Chaussées
Assainissement	Bassins Ouvrages hydrauliques Bassin versant naturel
Bâtiments	Péage Centre entretien Zones repos Refuge

Des **catalogues d'objets** standards peuvent également être réalisés par des fournisseurs d'équipements, afin de les insérer directement.

Ces familles d'objets être validées, voire complétées, afin de répondre au **protocole de modélisation** retenu.

**Autres fonctions
à modéliser**

Au-delà des fonctions de modélisation de la géométrie du projet, d'autres fonctionnalités doivent être intégrées dans le logiciel de modélisation 3D :

Fonctionnalité	Caractéristiques
Représenter les phasages de construction	Représentation animée de l'ensemble de la construction du projet, avec les enchainements des divers chantiers et des grandes phases de réalisation. Représentations successives d'un même ouvrage dans le temps. Représentations de déviations provisoires, de contournements, de rétablissements.
Représenter les objets avec le niveau de détail imposé par la phase de conception	Plusieurs représentations d'un même objet. Possibilité de sélectionner un niveau de détail pour l'ensemble des objets en fonction de la phase de conception en cours.
Utiliser des objets paramétriques	Quelques valeurs variables peuvent permettre d'ajuster l'objet au contexte.

La performance des logiciels

Il est primordial de s'intéresser à la performance des logiciels, avec en particulier la possibilité de gérer des projets complexes et longs, ce qui nécessite :

- **Décomposition / découpage** du projet, avec dépendance des parties entre elles. Cela permet d'isoler un tronçon pour ne pas avoir à manipuler l'ensemble du projet.
- **Gestion efficace** des références. Cela permet un travail sur une discipline identifiée du projet et en faisant référence à l'environnement qui la contraint.

Les liens parents/enfants

Enfin, en parallèle des fonctionnalités de modélisation géométrique, il est primordial d'établir des liens entre les objets :

- **Lien parent**, qui relie l'objet aux sous-objets dépendants (l'objet est père de tels objets).
- **Lien enfant**, qui relie l'objet aux autres les objets qui l'utilisent (l'objet est fils de tels objets).

Ces liens permettent de **connaître l'impact** d'une modification sur les objets en interface.

B2 - Échanger

Exporter et importer...

Les données doivent être échangées avec les différents outils.

Il est nécessaire pour cela de créer la capacité d'export et d'import des :

- **données** créées par le modelleur vers la plateforme collaborative,
- **résultats** des calculateurs et simulateurs,
- **documentation** (comme les plans 2D).
- **informations** stockées dans la plateforme collaborative vers les différents outils métiers.

...en utilisant la passerelle d'échange

Cette fonctionnalité est donc fortement liée à la **passerelle d'échange**. Celle-ci est l'enjeu primordial de la collaboration, et permet de garantir que chaque donnée (attributs ou liens) est dans un **format neutre** et dans une **structure pérenne**.

B3 - Calculer et simuler

Exploiter les données

Une fois que la géométrie est définie, d'autres logiciels peuvent exploiter les données géométriques afin de réaliser des calculs et des simulations. Ces logiciels sont appelés « **Simulateurs** » (« *expert tools* » par les anglo-saxons).

Nous en dressons ci-dessous une liste non exhaustive montrant la diversité des simulations réalisées.

Simuler le mouvement des terres

Ce type de simulation est fortement lié à la **modélisation géométrique**.

Il est donc conseillé de l'intégrer entièrement à un logiciel de modélisation (qui crée des objets) pour la saisie des données et la visualisation des résultats.

L'expertise humaine est **primordiale** car les simulations automatiques semblent impossibles. Cela est dû aux nombreux paramètres à saisir, ajustements à affiner, et itérations à réaliser pour converger vers une solution optimale.

Prévoir plusieurs types de simulations

De plus, en fonction de la phase de conception en cours, il est intéressant de prévoir plusieurs types de simulations. Cela **dégrossit les hypothèses** avant de se lancer vers un calcul poussé et détaillé. Un premier résultat grossier permet donc de sélectionner les mouvements des grandes masses, avant de **lancer des itérations** longues et affinées lors des phases de conception détaillée.

Autres logiciels de simulation

Voici une liste non exhaustive d'autres types de logiciels de simulation :

Type de logiciel de simulation	But : simuler / vérifier
Trafic routier	Prévisions de trafic
Étude acoustique	Prévisions de bruit pendant la durée de travaux, ou pendant l'exploitation
Hydraulique	Différents écoulements (drainage, assainissement, fossés, caniveaux, etc.)
Visibilité	Visibilité dans les courbes et les giratoires
Éclairage	Éclairage en zone urbaine, au droit des échangeurs, sur des aires de repos ou de stationnement, etc.
Giration	Accessibilité de certains véhicules sur des portions de routes tortueuses, etc.
Évacuation	Aspects d'accessibilité ou d'évacuation de personne en tunnel, etc.
Aéraulique/ Ventilation	Écoulements d'air en tunnel, ou de vents sur des ouvrages fortement ventilés, etc.

Des simulations fortement itératives

Autres simulations qui nécessitent une forte interaction avec le logiciel :

- **Détection d'interférences** : basée sur des conflits géométriques ou non.
- **Planification (4D)** : basé sur une interaction forte entre objets géométrique et tâches d'un planning à barres.
- **Métrés et quantités** : réaliser des études de prix, des nomenclatures de matériaux, des estimations « bilan carbone », des optimisations de quantité de matériaux ou de possibilité de recyclage.
- **Phasage de construction** : simuler des séquences de réalisation dans l'espace et dans le temps.



Gérer les simulations itératives

Toutes les simulations sont itératives afin **d'affiner et d'optimiser** la conception.

Le résultat de la simulation doit être si possible **graphique**. Mais, c'est surtout **l'analyse** qui découle de ces résultats qui est la plus essentielle. On doit donc conserver :

- informations concernant le **code de calcul** utilisé (nom, version...);
- **hypothèses** de la simulation ;
- **géométrie** prise en compte (souvent saisie au préalable dans le logiciel), en tenant compte de la version des objets utilisés ou la date de récupération des données ;
- **attributs** associés (saisis dans le logiciel ou le simulateur), en tenant compte également de la version des objets utilisés ou de la date de récupération des données ;
- **résultats finaux** (éventuellement des résultats intermédiaires représentatifs) ;
- **analyse** de ces résultats.

Il n'est pas nécessaire de sauvegarder le code de calcul seul, les résultats intermédiaires (pas toujours pertinents) ou la méthodologie.

Lier le modèle géométrique avec les modèles analytiques

L'utilisation de ces simulateurs impose de **structurer les données**, et surtout d'utiliser un **format neutre d'échange** entre les logiciels de modélisation et les simulateurs.

Le modèle de données utilisé par les simulateurs est appelé « **modèle analytique** ». Ce sont des données filtrées, dégradées ou adaptées au simulateur.

Transformer les données

Il est donc nécessaire de transformer les données géométriques ou attributaires du simulateur, afin d'en tirer les informations **exclusivement nécessaires** au simulateur (notion de *Model View Definition*).

Conserver les liens bijectifs

De plus, il semble primordial de conserver des liens bijectifs entre le modèle géométrique et le modèle analytique.

Tous ces liens dynamiques sont soumis à **l'approbation** et à la **décision** de l'ingénieur en charge de la simulation ou du projeteur en charge de la conception géométrique.

Des **requêtes de modification** sont indispensables pour obtenir l'accord de prise en compte des modifications proposées.

Pré-processeur / post-processeur

Les listings de moins en moins efficace

L'enrichissement des données géométriques avec les attributs métier nécessaires à la simulation peut être réalisé directement dans le **logiciel de modélisation**, ou dans une interface graphique utilisée comme un **pré-processeur** au simulateur.

L'utilisation de listings de données (saisie d'informations sous forme de texte) est de moins en moins efficace. Cela est dû à la :

- **complexité** des projets (nombre de nœuds important et travail de représentation mentale considérable) ;
- **puissance** actuelle des visualisateurs et des interfaces graphiques homme-machine ;
- **facilité d'exploitation** des données graphiques sortantes des simulateurs. Elles sont accessibles dans un visualisateur spécifique (post-processeur au simulateur) ou directement dans un logiciel de modélisation.



B4 - Gérer

Une MN rigoureusement administrée

L'utilisation d'une base de données partagée commune, impose un outil spécifique de collaboration C'est une **plateforme logicielle d'administration et de concentration**, qui sert de connecteur de collaboration (« *collaboration hub* » pour les anglo-saxons) à toutes les données, informations et applications informatiques du projet.

Cette plateforme collaborative nécessite des fonctionnalités d'administration très performantes, afin de garantir la **confidentialité**, la **responsabilité** et la **confiance** entre tous les partenaires impliqués.

Exécution Cette administration peut être confiée à :

- **Un des membres du projet.** Attention cependant aux droits du super-administrateur qui lui permettent d'accéder à l'ensemble des informations contenues dans la base de données.
- **Un tiers de confiance**, neutre et sans responsabilité vis-à-vis du projet par lui-même.

Note : certaines plateformes collaboratives permettent de « répudier » le super-administrateur lorsque la structure hiérarchique commune de base est créée. Il ne peut donc plus accéder à certaines informations contrôlées par des sous-projets du projet global.

La qualité des imports et des exports

Le **respect des protocoles** d'échanges est primordial pour assurer la qualité des données, aussi bien en import dans le « *collaboration hub* » (à partir des logiciels de modélisation) qu'en export (vers les logiciels de modélisation et simulateurs).

Il est donc indispensable de s'assurer de la **bonne certification** des logiciels de modélisation vis-à-vis des formats d'échanges, en soumettant des jeux de **tests** de données à des automates de vérification (ex. : « *BuildingSmart International online certification platform* » sur <http://www.buildingsmart.com/content/certification>).

Donner confiance par des données privées protégées

La parfaite **maîtrise** de cette administration et la **connaissance** de son fonctionnement par tous les membres est primordiale pour assurer la confiance entre les partenaires. On distingue donc les données privées des données publiques.

Les données privées

Les données privées sont des données en cours d'élaboration qui ne doivent en aucun cas être partagées avec les autres partenaires.

Il est évident que les données à caractère confidentiel n'ont pas lieu de se trouver dans la base collaborative commune. Elles doivent être maintenues dans un **réceptacle ou un conteneur spécifique** à son propriétaire, tant qu'elles ne sont pas encore abouties ou non conformes aux exigences requises.

Un hébergement pérenne de la MN

L'hébergement physique (ordinateurs support) de la base de données principale doit également être envisagé dès le début du projet.

Le MOE La base de données est du ressort et de la responsabilité du propriétaire de la totalité des données : le MOE.

L'exploitant de l'ouvrage ou du projet Mais, il faut tenir compte de l'**utilisation de données** à la fin du cycle de vie du projet. C'est l'exploitant de l'ouvrage ou du projet, le partenaire qui utilise la donnée, qui est le plus à même de conserver, exploiter et mettre à jour.

Par ailleurs, il **s'assure de la pérennité** de la donnée, c'est-à-dire de son accessibilité pendant parfois plusieurs dizaines d'années. Il fait donc **évoluer** régulièrement **le format** des données sauvegardées pour assurer la disponibilité des informations pendant toute la durée de l'exploitation de l'ouvrage.

Une maquette principale et des maquettes secondaires synchronisées

Outre la base de données principale, il faut aussi s'assurer des mécanismes de **synchronisation** et de **réplication** avec les bases secondaires hébergées par les différents partenaires.

Le principe d'entreprise étendue propose une **architecture informatique éclatée**. Il s'agit d'une architecture possédant plusieurs serveurs disséminés au sein même des sociétés des utilisateurs principaux, pour des raisons de performance, de réactivité et de fiabilité des connexions informatiques.

Les répliquions de données entre les serveurs sont :

- synchrones ou asynchrones,
- toujours automatiques et transparentes pour les utilisateurs.



B5 - Voir

Un outil de visualisation complémentaire aux visualisateurs métiers

Toutes les fonctions d'affichage sont accessibles au sein des logiciels de modélisation et des simulateurs. De nos jours, tous les outils sont équipés d'un **moyen graphique spécialisé** de visualisation. Ils permettent de mieux appréhender les diagrammes de résultats dans une discipline spécifique, sans interférence avec les autres informations accessibles.

Mais il est indispensable de prévoir des visualisateurs ou des visionneuses **indépendantes**, avec une interface utilisateur intuitive. Ainsi même les intervenants non experts dans la manipulation des logiciels métier comprennent et parcourent le projet et les résultats des simulations.

Installation et déploiement

Voici les exigences d'installation et de déploiement d'un logiciel de visualisation :

- **non volumineux** pour des raisons de téléchargement ;
- **facile à installer** : pas de droit d'administration particulier, pas de saisie fastidieuse de coordonnées sur un serveur Internet ;
- **compatible** avec les systèmes d'exploitation usuels (Windows XP, Vista, 7 et à venir) dans leurs versions 32 et 64 bits ;
- **aisé à mettre à jour**, par téléchargement automatique via Internet.
- **gratuit** afin d'être distribué largement au sein des intervenants et partenaires.

Besoin de performance

Une des principales préoccupations réside sur la **performance** du logiciel vis-à-vis des modèles volumineux (plusieurs milliers ou millions d'objets). En effet, ce logiciel sera souvent utilisé après l'agrégation et l'intégration des données issues de nombreuses disciplines afin de vérifier la cohérence et la compatibilité des informations entre elles.

Des visualisations adaptées à chaque acteur

Chaque groupe d'intervenants a ses propres besoins concernant le visualisateur 3D idéal, dépendant des différentes disciplines.

Spécifications communes

Plusieurs spécifications sont communes (fonctionnalités de base). Elles concernent en particulier les revues, l'analyse et l'édition des modèles 3D :

Aspects à traiter	Visualisations à prévoir
Sociétaux	À caractère de communication : données exactes avec rendus aussi réalistes que possibles.
Environnementaux (nuisances de chantier liées au bruit ou aux vibrations)	Plus spécifiques mais moins réalistes.
D'impact sur le trafic existant	Vue d'ensemble sans besoin de détail.

Fonctionnalités avancées

De plus, certains ont seulement à **contrôler** un modèle, alors que d'autres doivent y apporter des **modifications**, et d'autres **visualiser** des résultats de simulations.

Ces fonctionnalités avancées doivent être considérées comme des *plug-ins*³. Ce sont des ajouts spécifiques pour une discipline, qui ne peuvent pas fonctionner indépendamment des fonctions de base.

³ En informatique, un **plugin** ou **plug-in** (aussi nommé **module d'extension**) est un logiciel qui complète un logiciel hôte pour lui apporter de nouvelles fonctionnalités

La progressivité et les possibilités de la visualisation

Les performances de la visualisation sont également liées au passage de la **vue d'ensemble** (vision macro, peu détaillée) à la **vue de détail** (vision micro, avec la finesse maximum de détails).

L'outil de visualisation doit s'adapter à la demande, par exemple une vue d'avancement :

- du **projet** en affichant l'avancement de l'exécution après avoir spécifié un jour précis ;
- de la **conception** en affichant l'avancement de la conception avec un code de couleurs correspondant aux objets validés, aux incertitudes, aux collisions, etc.

Fonctions de base

Les fonctions de base de visualisation traitent les besoins les plus importants :

Fonctions de base	Caractéristiques
Manipulation de données et de fichiers	Import de formats de fichiers (dwg, dgn, rvt, etc.) Export partiel de données (par sélection de zone ou utilisation de filtres) Vue multi-fichiers (agrégation de plusieurs fichiers ou ouverture de fichiers dans des fenêtres séparées)
Visualisation des données et de leurs attributs	Fonctions générales d'affichage (zoom, déplacement panoramique, mode orbite autour d'un pivot, etc.) Fonctions de transparence ou de disparition/apparition Fonctions de rendus filaires ou surfaciques
Navigation au travers de modèle en 3D	Différents modes de navigation (survol, rotation autour d'un point pivot, exploration d'un modèle, etc.) Points de vue (sauvegarde et affichage)
Mesure	Distance Angle Longueur Surface Volume

La fonction de mesure est **complémentaire aux attributs** qui parfois donnent avec exactitudes certaines distances ou caractéristiques dimensionnelles des objets.

Fonctions avancées souhaitables

Les fonctions avancées souhaitables sont décrites ci-dessous, sans prétendre à l'exhaustivité :

Fonctions avancées	Caractéristiques
Outils	Création d'annotations (avec sauvegarde dans un fichier séparé) Création de liens hypertextes Sélection d'objets
Navigation au sein des objets	Affichage des propriétés (version, date création, attributs, liens, etc.) Arborescence d'objets (breakdown structure)
Fonctions générales	Impressions Recherche Quantité



B6 - Optimiser

Optimiser, c'est combiner les fonctions de base

L'optimisation est une démarche complexe. Elle doit s'appuyer sur des indicateurs de performance quantifiables permettant de comparer la conception aux besoins exprimés.

L'optimisation est la combinaison de toutes les fonctions décrites précédemment. Pour optimiser un projet, les différents acteurs ont besoin de :

- **saisir** des données et des paramètres,
- **visualiser et comprendre** l'ensemble des informations,
- **recupérer** des données créées par toutes les autres disciplines,
- **faire des simulations** itératives,
- **prendre des décisions** en fonction des résultats obtenus,
- **modifier** certains paramètres afin de relancer un cycle d'optimisation ou une variante de conception.

**Les objets
paramétriques
ont une importance
capitale**

Pour cela, les objets paramétriques sont d'une importance capitale. En effet, les paramètres permettent **d'adapter les dimensions** des objets à leur contexte ou à leur environnement en modifiant simplement quelques valeurs bien identifiées et nommées. Cette conclusion est complètement acceptée dans la modélisation 3D de l'industrie, par exemple.

La MN simplifie le travail de l'expert...


L'optimisation est du ressort de **l'expert**. Il a besoin de trier des données, de filtrer suivant des critères de pertinence ou d'intérêt, de sélectionner des zones et des éléments à prendre en compte.

Les résultats chiffrés des outils métiers sont **injectés dans la MN**, afin qu'ils soient consultés et synthétisés. Les **experts** font alors leur choix, affinent les études et prennent les décisions finales. Les outils de gestion de la MN doivent proposer ces fonctionnalités afin de simplifier le travail des experts.

... mais c'est toujours l'expert qui optimise

En aucun cas, optimiser un projet ou une étude ne doit reposer sur les seuls outils. Les outils utilisés ne doivent donc pas être des « boîtes noires » qui proposent une solution finale. L'optimisation doit demeurer un **choix rationnel humain**, fondé sur le savoir-faire et l'expérience du décideur et de son équipe.

Page laissée blanche intentionnellement

 The logo for 'Communic' features a stylized blue sun or globe with radiating lines, positioned to the left of the word 'Communic' in a sans-serif font.	L3 : Programme fonctionnel de la maquette numérique	Page 30 sur 132
	Livrables	Version du 03/12/10

C - Architecture

Plan du chapitre C	32
C1- Architecture globale	32
Inventaire des fonctionnalités	32
Schéma d'architecture global simplifié	33
Charte de représentation	34
Schéma d'architecture global détaillé	35
Cycle de fonctionnement des composants logiciels.....	36
C2 - Répartition des fonctionnalités.....	37
Répartition des fonctionnalités par périmètre	37
Répartition des fonctionnalités par type de logiciels	37
C3 - Bilan de l'architecture.....	39
Les points clés	39
Commentaires sur les périmètres.....	39



Plan du chapitre C

Après avoir listé les grandes fonctionnalités de l'environnement de la MN, nous décrivons dans ce chapitre comment elles sont organisées dans des schémas d'**architecture globale** des :

- fonctionnalités,
- outils logiciels qui permettent de les remplir.

Nous décrivons ensuite comment les **fonctionnalités** sont réparties dans les logiciels.

Note : la description à proprement parler des outils est faite dans le chapitre D.

C1- Architecture globale

Inventaire des fonctionnalités

Le schéma ci-dessous liste les fonctionnalités élémentaires avec :

- dans la colonne de gauche les **fonctionnalités d'usage**, utilisées par les acteurs,
- dans les 2 colonnes de droite, les fonctionnalités concernant les **informations stockées** dans la MN,

dans la colonne centrale, les types d'échange des informations.

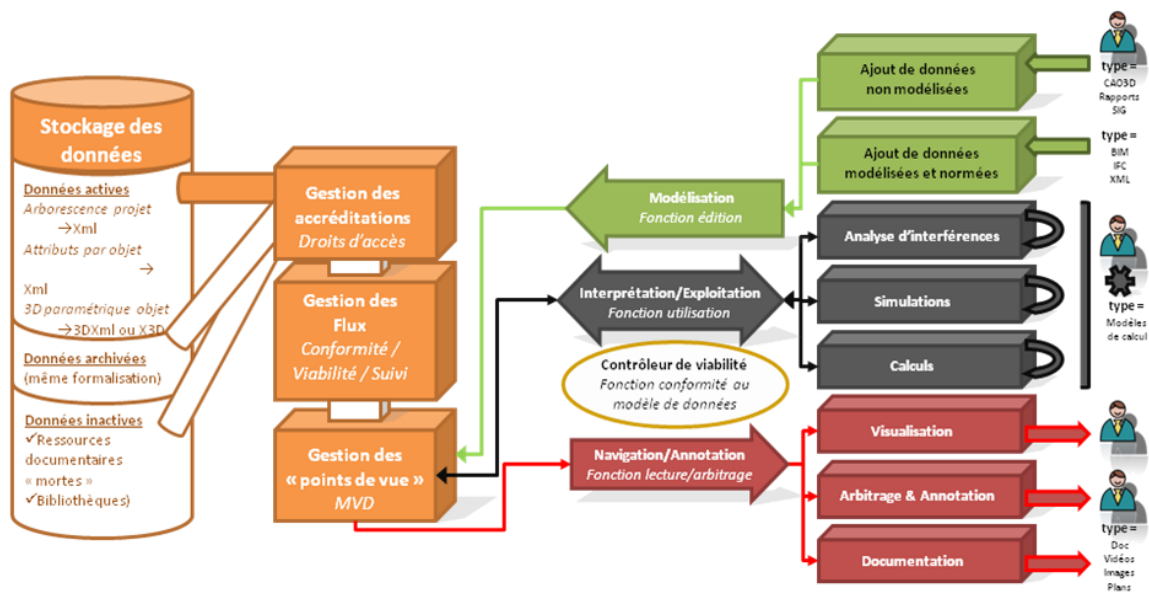


Figure C1-1 : classement des fonctionnalités

Schéma simplifié d'architecture globale

Un environnement composé de grands périmètres

Nous décrivons ci-après comment nous avons organisé ces fonctionnalités.

Le schéma suivant représente l'architecture simplifiée de l'Environnement MN Collaborative (EMNC).

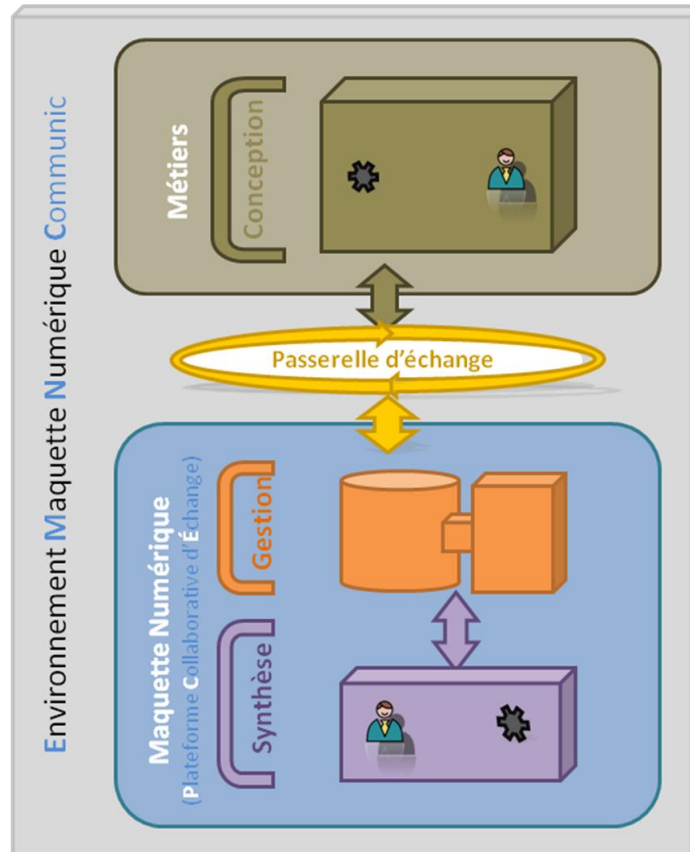


Figure C1-2 : périmètre du modèle global






Les périmètres Ces schémas sont bâtis sur la définition de **périmètres organisés** :




- « **Environnement de la MN** » COMMUNIC (EMNC) : périmètre du modèle global.
- « **Métiers** » : conceptions des différentes disciplines.
- « **MN** » ou « **Plateforme Collaborative d'Échange** » (PCE) : centre du modèle avec deux sous-périmètres :
 - « **Gestion** » pour gérer les informations,
 - « **Synthèse** » pour globaliser les analyses et piloter le projet,
- « **Passerelle d'échange** » qui garantit la communication entre les périmètres de la MN avec les Métiers.

Cette structuration sera décrite plus en détail dans le chapitre C.

Charte de représentation

Dans l'ensemble des schémas de ce chapitre, nous avons adopté la charte de représentation décrite ci-dessous.

Périmètre		
	Métiers	Outils nécessaires à la conception d'un projet.
	Passerelle d'échange	Fonctionnalités relative au transfert de données, à leur contrôle, leur validité et leur cohérence.
	PCE ou MN	Périmètre de la plateforme collaborative d'échange, dit aussi MN.
	Gestion de la PCE	Outils formant le cœur de la gestion de la MN : la Plateforme Collaborative d'Échange.
	Synthèse de la PCE	Outils nécessaires au management technique du projet (synthèse, arbitrage, etc.).

Types de fonctionnalités		
	Modélisation et entrées directes	Fonctionnalités faisant parties du processus d'intégration de données dans la MN, hébergées par la PCE.
	Calcul et simulation	Outils d'analyse et de calcul qui puisent des données dans la base centrale pour les utiliser par des simulations et calculs commandés, puis exploités par un expert qui met en œuvre son savoir faire en la matière.
	Édition et visualisation	Fonctionnalités et processus d'exploitation des données à titre de documentation technique et de publication : export de ces données dans un format qui ne permet pas leur retour, à la suite de modifications sans une remodelisation (ex. : l'annotation de plans exportés).



Pictogrammes		
	Intervention humaine	Intervention humaine fondamentale dans le processus de création de valeur
	Travail d'ingénierie	Travail d'ingénierie propre à un ou plusieurs Métiers spécialisés.

Schéma d'architecture global détaillé

Grandes fonctions des périmètres « Métiers » et « PCE »

Les deux grands périmètres « Métiers » et « PCE » couvrent des fonctionnalités de base qui peuvent être résumées dans le schéma d'architecture des fonctionnalités ci-dessous.

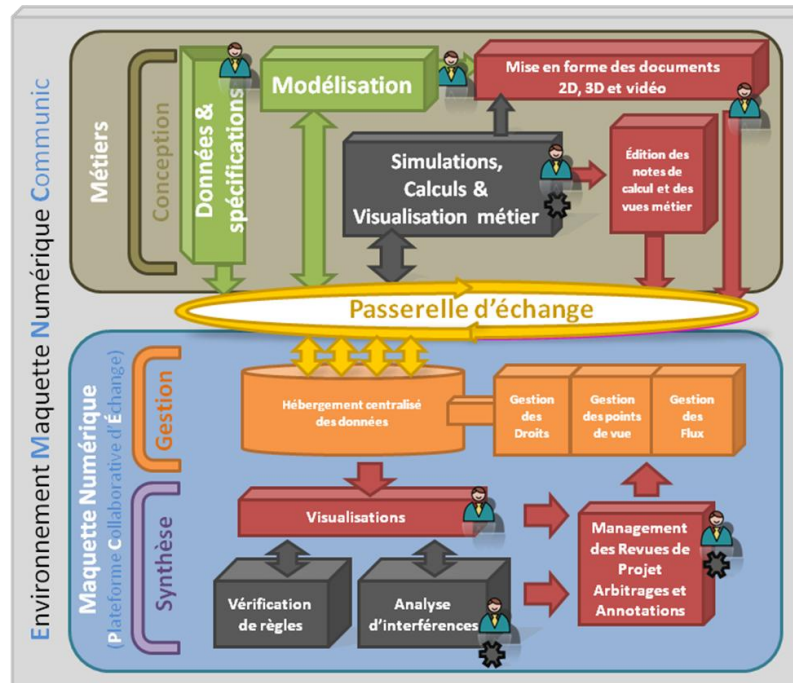


Figure C1-3 : schéma détaillé des fonctionnalités de l'EMNC⁴

Traduction dans un schéma global d'architecture des logiciels

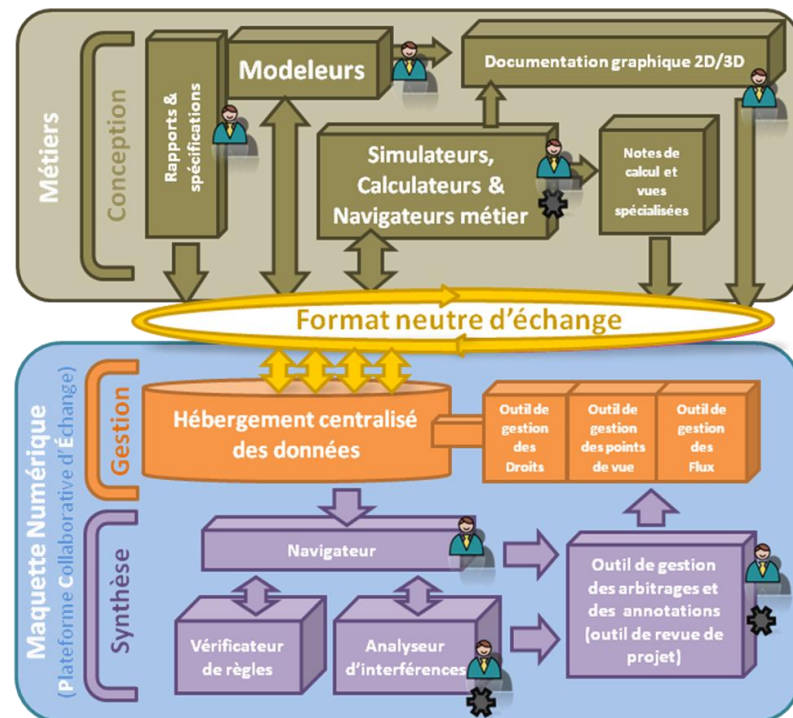


Figure C1-4 : schéma détaillé d'architecture des logiciels de l'EMNC

⁴ Ce schéma s'inspire largement des travaux et conclusions du projet de recherche européen INPRO.

Cycle de fonctionnement des composants logiciels

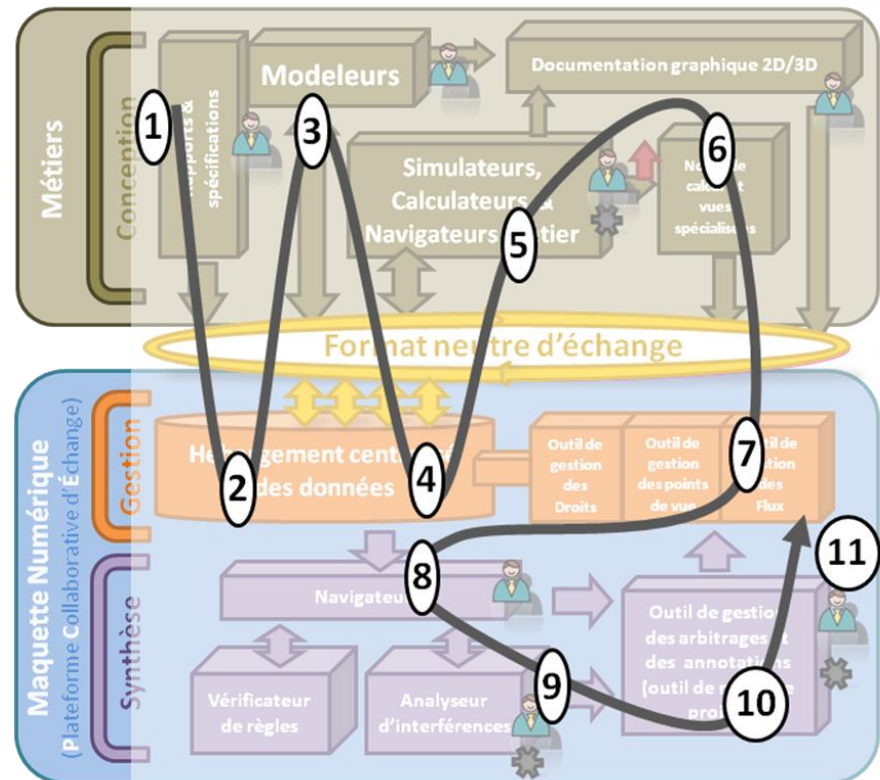


Figure C1- 5 : Cycle de fonctionnement des composants logiciels

Commentaires du cycle

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

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

C2 - Répartition des fonctionnalités

Répartition des fonctionnalités par périmètre

Le tableau ci-dessous dans chacun des périmètres définis dans l'Environnement MN COMMUNIC les groupes de fonctionnalités définies au chapitre B.

		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

Commentaires

Ce tableau met en évidence des fonctionnalités réparties sur plusieurs périmètres.

C'est aux **outils métier** de s'adapter pour que leurs informations échangées soient au format neutre. La **passerelle** ne doit donc avoir *in fine* que la mission de contrôle de conformité.

Répartition des fonctionnalités par type de logiciels

Le tableau de la page suivante, plus précis, croise les :

- fonctionnalités traduisant les objectifs majeurs,
- outils logiciels de chaque périmètre.

Le schéma du *mapping* (correspondance) exact entre fonctionnalités et outils serait inextricable à présenter ici. C'est pourquoi nous avons retenu seulement les **fonctionnalités majeures**.

Par exemple la fonction de visualisation est commune aux outils de CAO, de calcul et d'analyse d'interférences comme outil de navigation simple. Mais, elle ne revêt pas exactement la même définition puisqu'elle doit s'adapter au métier considéré.

		Architecture	Métiers					Passerelle				PCE							
Fonctions	Fonctionnalités	OUTILS	Alloissement spécifications / modélisation de données brutes	Modelers	Simulateurs, Calculateurs, navigateurs métiers	Éditeur de documentation graphique	Éditeur de notes de calcul et vue métier	Utilisation d'un format neutre d'échange	Contrôle de la conformité des données échangées	Contrôle de la complétude des données échangées	Contrôle de conformité au modèle neutre de données	Hébergement ordonné des données	Outil de gestion des Droits d'accès	Outil de gestion des points de vue	Outil de gestion des flux	Navigateur	Vérificateur de règles	Analyseur d'interférences	Outil de gestion des arbitrages et annotations
		Modeler	Ajout de données brutes	X					x										
Modélisation manuelle			X				x												
Ajout de données modélisées	X			X			x												
Échanger	Passerelle d'Import de données à partager						X	X	X	X		x	x	x					
	Passerelle d'Import / Export partiel des données partagées (Interprétation)						X	X	X	X		x	x	x					
	Passerelle d'Export lecture/publication						X	X	X	X		x	x	x					
Calculer et simuler	Simulation			X	x	x	x												
	Calcul			X	x	x	x												
	Analyse d'interférences						x										X	X	
Gérer	Droits par identité						x					X							
	Suivi des flux (Workflows)						x							X					
	Droits Points de vue (métier)						x						X						
Stocker	Héberger											X							
	Ordonner											X							
Voir	Naviguer	x	x	X			x	x	x	x						X	x	x	x
	Annoter																		X
	Documenter				X	X													x
Optimiser	Arbitrer						x											X	

X : fonction principale

x : fonction secondaire importante

C3 - Bilan de l'architecture

Les points clés

Dès la prise en compte globale des échanges et de leurs contraintes de sécurité et de qualité, on réalise que les points clés de l'Environnement MN COMMUNIC (EMNC) sont :

- La **Plateforme Collaborative d'Échange (PCE)**. C'est le carrefour de toutes actions sur le projet. Elle est donc le lieu de la gestion et de la sécurisation des données.
- La passerelle de transfert associée à un **modèle de données** partagé et au **format neutre** d'échange. Toute donnée est importée ou exportée au travers de cette passerelle.

Commentaires sur les périmètres

Une définition conventionnelle

Les périmètres ont été définis conventionnellement pour le projet COMMUNIC. Lors de la mise en œuvre, ils pourront être adaptés.

Par exemple, nous avons établi un **périmètre spécifique** de la passerelle plutôt que de l'intégrer dans la PCE. C'est un choix que nous justifions pour **attirer l'attention** sur les fonctionnalités majeures qu'elle doit remplir pour garantir le modèle de données et le format neutre d'échange.


De même, la **mise au standard** (modèle de données et format) des informations est une fonction des outils métier. Et cela, même si, pendant un certain temps encore, les mises au standard pourront être réalisées par des **modules spécifiques** de la passerelle.

Des doublons acceptés

Certains outils seront présents dans plusieurs périmètres.

C'est par exemple le cas des navigateurs (*viewers*). En effet, il est incontournable que la PCE ait un **navigateur intégré** qui permette les fonctionnalités de synthèse. Mais ceci n'interdit pas que certains métiers aient leur **propre navigateur** pour leur propre prestation de conception.

Page laissée blanche intentionnellement

 The logo for 'Communic' features a stylized blue sun or network icon with radiating lines and small squares at the ends, positioned to the left of the word 'Communic' in a sans-serif font.	L3 : Programme fonctionnel de la maquette numérique	Page 40 sur 132
	Livrables	Version du 03/12/10

D - Composants logiciels

Introduction	42
Les attentes pour chaque outil.....	42
Rappel du schéma d'architecture	42
Présentation par périmètre	42
D1 - Outils de gestion de la PCE	42
Les systèmes de gestion de bases de données (SGBD).....	42
Les points de vigilance	43
La gestion des données – droits d'accès	44
Gestion des flux - workflows	45
Gestion des « points de vue »	45
Le cas des exports de données « non objet »	46
D2 - Outils de synthèse de la PCE	47
Les outils de synthèse	47
Le navigateur universel.....	47
L'outil d'analyse des interférences	50
L'outil de vérification de règles	51
L'outil de revue de projet	52
D3 - Passerelle d'Échange	53
La clé de voute du modèle global	53
Point de passage des fonctionnalités	53
Le contrôle de conformité.....	53
Garant de l'indépendance des outils métiers	54
D4 - Outils métier	55
Les intégrateurs de spécifications.....	55
Les modélisateurs	55
Les outils de simulation.....	55
Les outils de calcul.....	56
D5 - Bilan sur les outils	56
Sur la plateforme collaborative d'échange	56
Remarques globales.....	56



Introduction

Les attentes pour chaque outil

L'objectif de ce chapitre est de présenter pour chaque outil logiciel les attentes le concernant.

Par outil logiciel, il faut entendre parfois un groupe de logiciels remplissant les fonctions, ou un type de logiciel avec un sens générique (outil métier de modélisation par exemple).

Rappel du schéma d'architecture

Voir le schéma C1-4.

Présentation par périmètre

Nous présentons donc successivement les outils de chacun des périmètres :

- outils de gestion de la PCE,
- outils de synthèse de la PCE,
- passerelle d'échange,
- outils métier.

D1 - Outils de gestion de la PCE

Les systèmes de gestion de bases de données (SGBD)



Figure D2- 1 Les outils de gestion de la PCE

Points clés

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

Les SGBD actuels assurent les principales fonctions suivantes :

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

Les points de vigilance

Pour le projet COMMUNIC, des points de vigilance particuliers ont été identifiés.

Gestion des données

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

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

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

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

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

Traçabilité

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

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

Gestion des « points de vue »

La notion de « points de vue » résulte de l'obligation de filtrer les informations pour mettre en évidence celles qui concernent chaque acteur sans qu'il soit noyé par toutes les autres. Il est donc nécessaire que le SGBD assure la gestion des points de vue de chacun des acteurs.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de notion de la gestion de « points de vue ». Elle est traitée en pratique au niveau de chaque logiciel, qui prend toutes les données et convertit celles qui peuvent être utilisées.



La gestion des données – droits d'accès

La gestion des accréditations est une sécurisation traditionnelle des données.

Le **gestionnaire de MN** (ou *BIM Manager*) définit les parties de projet auxquelles chaque utilisateur a accès en fonction de son entité tutrice (entité morale responsable : bureau d'étude, entreprise, contrôleur, client, maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, exploitant, etc.). De plus **chaque responsable d'entité morale** est en droit de demander une **segmentation plus fine** des droits d'accès à ses collaborateurs.

Ainsi pour la plupart des utilisateurs, le projet n'est que partiellement accessible.

Par ailleurs on définit aussi le niveau d'accessibilité via les **5 statuts** suivants :

Profil	Profil des utilisateurs	Accès
Visiteur	Grand public. Il accède au modèle par internet ou une borne d'information sur site ou dans lieu d'exposition.	Accès le plus faible en termes de droits. Il ne peut que voir le projet dans son état le plus validé par la communauté de projet. De plus il n'a accès que jusqu'au niveau 3 : de la géométrie jusqu'au niveau de détail métier.
Lecteur	Partenaires de type associations. Ils peuvent ainsi accéder à l'information mais devront utiliser les réunions de synthèse pour communiquer leurs propositions et avis.	C'est le premier droit d'accès dans la communauté de projet. Si aucune restriction autre n'a été émise, il s'agit simplement d'avoir accès à tous les niveaux de détails et tous les attributs sans pouvoir les modifier pour autant, ni même effectuer un arbitrage ou une annotation. Il s'agit d'une pure consultation du modèle central. Cependant les fonctions d'export graphique sont disponibles via cet accès.
Relecteur	Responsable de projet dans une entité partenaire.	Fournir son avis, consulter une analyse de clash par laquelle son entité est impactée
	Partenaires de la communauté de projet en réunion de synthèse	Arbitrer les choix techniques, les interférences et pour annoter tout ou partie du projet.
Utilisateur	Profil le plus courant	Ajouter des données, en utiliser pour une expertise (calcul, simulation), en modifier manuellement ou via un outil expert connecté, ou en exporter une vue, un rapport. Accéder à toutes les fonctionnalités, sauf restriction complémentaire, d'expertise : saisie/import, calcul/simulation/analyse et exports alphanumériques (documents liés, rapports et tableaux) et graphiques (courbes, vues, vidéos).
Administrateur de groupe	Responsables d'entités partenaires ou gestionnaire de MN pour l'ensemble des partenaires	Administrer particulièrement un groupe d'utilisateurs. Restreindre les droits d'accès au système central pour des questions d'organisation et de management interne à une entité partenaire. Gérer plus spécifiquement les accès au système central des utilisateurs dont ils sont responsables. <u>Note</u> : ce profil couvre aussi tous les droits ouverts aux profils utilisateur, relecteur et lecteur réunis.

Administrateur du système

Cet informaticien travaille avec le gestionnaire de MN pour :

- Administrer le système central.
- Créer, modifier et supprimer les droits d'accès, définir les rôles pour le MVD (voir partie suivante).

Il n'a pas accès aux données.



Gestion des flux - workflows

Passer des workflows des documents gérés par les GED....

Les *workflows* servent à qualifier :

- l'authenticité de la donnée,
- le niveau de pertinence de la donnée.

Aujourd'hui, les GED offrent la double fonctionnalité de faire partager un archivage des documents et d'associer à ces documents l'information « *Workflow* ».

Ces systèmes sont structurés autour d'un SGBDR qui assure le lien entre un document et les caractéristiques qui permettent précisément :

- l'**identification** du document,
- la **position** dans son cycle de vie (versioning),
- le **statut** (validation),
- les autres documents en **référence**,
- l'**utilisation simultanée** par plusieurs acteurs.

... aux workflows des informations gérées par la maquette numérique

Ces caractéristiques sont toutes intégrées dans la Plateforme Collaborative d'Échange (MN), en prenant en compte deux aspects nouveaux :

- Le *workflow* n'est plus attaché à un document (un plan, un rapport, un dossier) mais à l'**information** lié à l'objet constructif. Autrement dit l'outil de gestion de l'information doit être **intégré au modèle** de données de la MN qui fait de l'attribut, lié à l'objet, l'unité de base de gestion.
- Le modèle conceptuel du *workflow* doit lui-même prendre en compte la **complexité** du cycle de validation de l'information y compris en **intégrant les liens avec** les autres informations.

Gestion des « points de vue »

Naviguer dans la MN en fonction de critères

La gestion des points de vue est **synonyme du « Model View Definition »**. Elle permet d'utiliser pleinement le modèle de données, la gestion des profils et le *workflow* que nous avons décrits ci-dessus.

Elle consiste à proposer à chaque utilisateur un éventail de critères pour **naviguer** dans la MN et faire les **requêtes** pertinentes pour lui. Ces critères sont énumérés ci-dessous.

Selon la qualité des acteurs

Un premier critère est lié au profil de l'acteur et à ses droits d'accès.

À titre d'exemple, il n'est pas nécessaire que le public voit les **détails constructifs** d'un ferrailage alors que c'est l'insertion de l'ouvrage dans les structures agricoles qui le préoccupe.

Selon les métiers

Un deuxième critère est le métier de l'acteur direct.

À titre d'exemple, un acteur du métier terrassement souhaitera avoir tous les détails des terrassements et donc voir tous les **objets enfants** de l'objet terrassement du niveau 2. En revanche, les enfants des autres objets métier de niveau 2 ne l'intéresseront pas. Il sera utile de pouvoir les filtrer.



Selon le cycle de vie ou son avancement

Un troisième critère est de s'intéresser uniquement aux informations relatives à une phase du cycle de vie.

C'est par exemple le cas d'une présentation générale du projet alors qu'il est en phase d'exécution. C'est aussi le cas d'une sélection des informations en fonction de leur niveau de validation ou d'un degré d'avancement : quelles sont les informations approuvées ? Quels sont les objets en travaux aujourd'hui ? etc.

En gérant les caractéristiques des informations

On voit donc que pour cela, l'outil doit permettre de **gérer les informations** en fonctions des caractéristiques de chacune d'entre elles.

Le cas des exports de données « non objet »

Ce sont les outils d'export **graphiques et alphanumériques** : plans, graphiques, rapports, notes de calcul, listes, vidéos, etc.

Partant du postulat que les informations sont toutes stockées dans la base de données, il suffit de :

- récupérer les informations nécessaires pour rédiger le rapport,
- formater le rapport à l'aide d'un gabarit prédéfini.

Aujourd'hui, on trouve des logiciels qui permettent d'exporter des « **rapports de clashes** », ainsi que la **liste** de tous les éléments et leurs attributs dans un tableau.

Ils sont aujourd'hui partie intégrante de certains outils de simulation et de calcul. Ils ne peuvent permettre de produire directement des rapports retranscrivant une analyse croisée entre les points de vue de différents métiers pondérés.

Demain, l'automatisation et l'export d'images

Il sera bientôt possible d'automatiser la rédaction des notes techniques, des notes de calcul, des plannings, des livrables, etc. C'est déjà possible aujourd'hui à partir de certains outils, mais demain, ce sera réalisable depuis la **simple lecture** du format neutre.

De la même manière, les images et les vidéos pourront être exportées de la MN centrale pour la communication.

Il est aussi envisageable d'intégrer cette fonctionnalité à la plateforme collaborative afin par exemple de préserver une **charte graphique commune** au projet ou de pouvoir **tracer quels exports** ont été réalisés par qui et dans quel état de validation et de maturité.

D2 - Outils de synthèse de la PCE

Les outils de synthèse

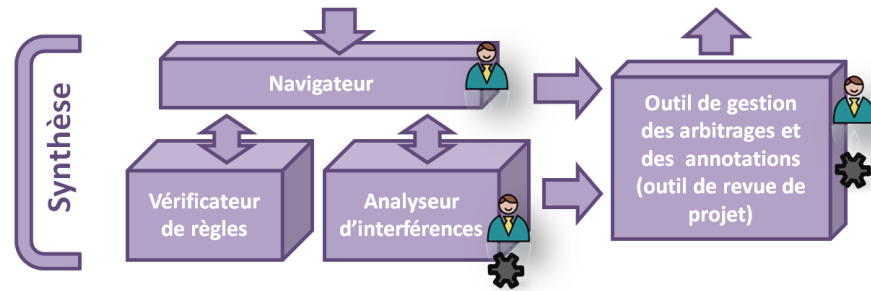


Figure D2-1 : Outils de la partie Synthèse de la PCE

Le navigateur universel

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

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

Le navigateur est l'outil universel de la MN permettant d'accéder aux données. Dans certains cas, il pourra y avoir des navigateurs dédiés, spécifiques à des problématiques précises.

Aujourd'hui...

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

Beaucoup sont distribués à titre gratuit. Citons par exemple :

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

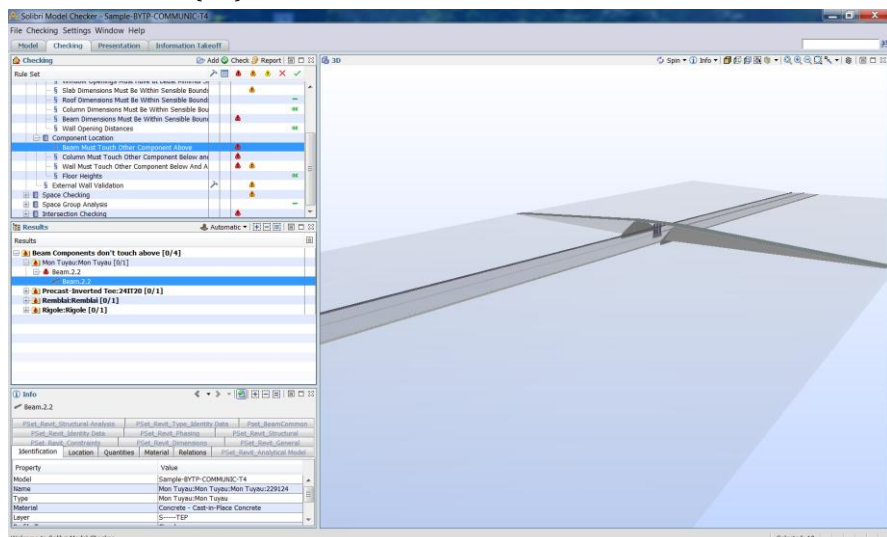


Figure D2-2 : Maquette du terrassement de la zone d'expérimentation dans Solibri viewer

... et demain Dans COMMUNIC, nous proposons d'intégrer un navigateur de base au sein de la plateforme collaborative d'échange. Le navigateur devra capable de fournir les fonctionnalités suivantes :

Droits d'accès Le navigateur fait appel au module de la gestion de droits d'accès, pour que l'utilisateur n'ait accès qu'aux données qu'il a le droit de visualiser et modifier.

Visualisation des résultats d'analyses métier Les conceptions spécialisées des métiers se traduiront par des **calculs**, des **analyses**, des **simulations** voire des **visualisations**.
Lorsque le concepteur décidera de partager les résultats avec les autres acteurs, il les déposera dans la MN. Le navigateur permettra alors leur visualisation. En particulier, il sera possible de les visualiser par **superposition** des résultats numériques sur le modèle géométrique.

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

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

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

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

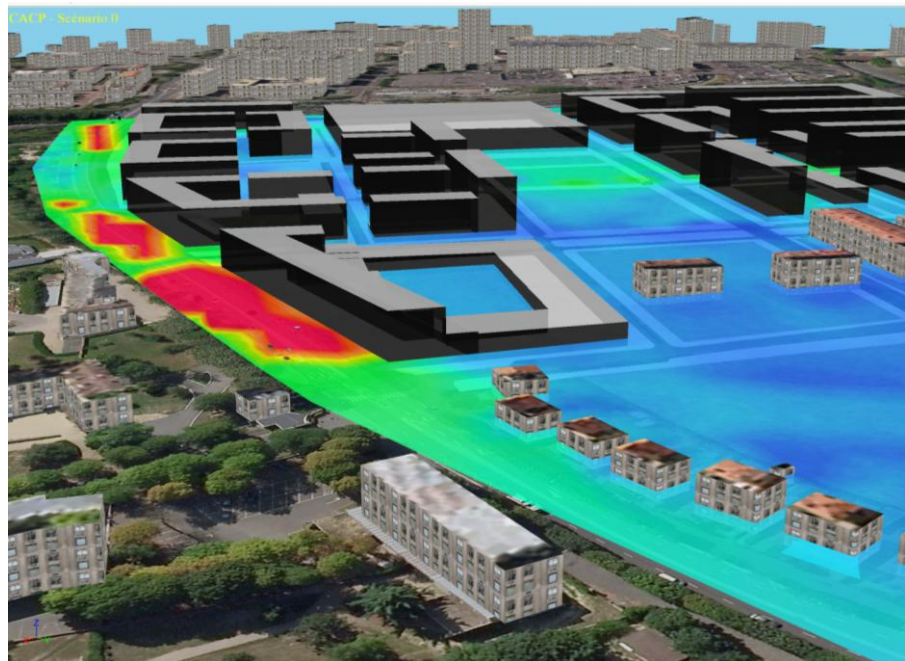


Figure D2-3 : Résultat d'une analyse acoustique

Arborescence selon le point de vue métier de l'utilisateur

Cette arborescence doit être organisée autour de l'ouvrage élémentaire et hiérarchisée en différents niveaux (relatifs à l'avancement de la précision de la conception). La structure arborescente que nous avons établie dans le cadre du projet COMMUNIC lors de l'expérimentation est présentée par la vue partielle ci-dessous.

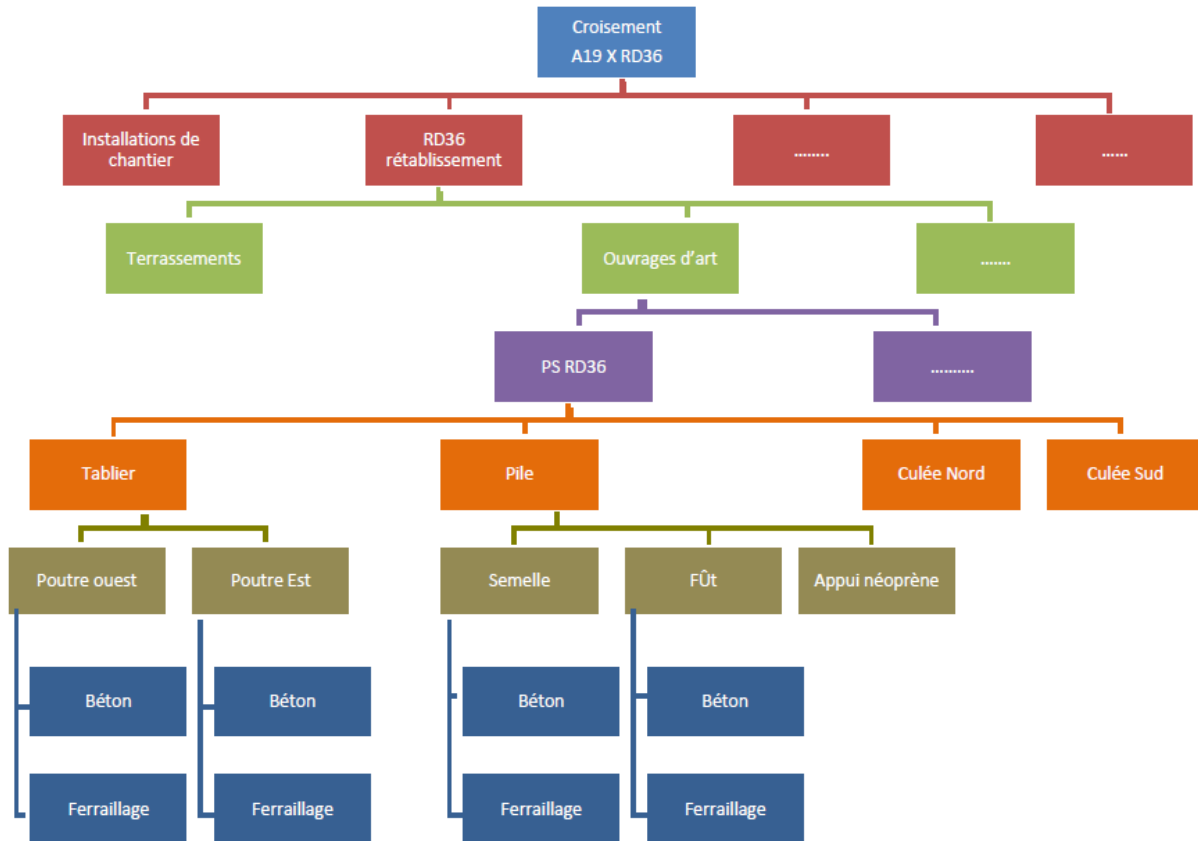


Figure D2-4 : Extrait de l'arborescence développée pour la tâche 4 d'expérimentation du projet COMMUNIC

**Requêtage
du navigateur**

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

Les critères de requêtage proposés par COMMUNIC sont les suivants.

■ **Géolocalisation**

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

■ **Systemes et métiers**

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

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

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

■ **Liens**

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

■ **Attributs généraux**

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

**L'outil d'analyse des
interférences**

Cet outil est actuellement un des rares **présents et opérationnels** sur le marché au travers de différents logiciels. Les outils actuels permettent effectivement de détecter les interférences et collisions, appelées plus communément « clashes ».

Il existe 5 types d'interférences.

Géométriques

Le type géométrique est trivial. Il s'agit des **intersections géométriques** couramment appelées « clashes » qui correspondent à l'intersection de deux volumes ou à l'inclusion fortuite de l'un dans l'autre.

Fonctionnelles

Il s'agit de :

- vérifier l'**absence de collisions** lors de cinématiques de déplacement de pièces en mouvement,
- contrôler l'**existence des volumes** nécessaires aux outils de montage ou de démontage ou des volumes indispensables pour accéder à des parties d'ouvrages étroites ou mal desservies.



Paramétriques Il s'agit de la **gestion de tolérances** entre objets, comme par exemple l'épaisseur du béton de peau. Il est possible par ce biais de vérifier dès l'étude qu'aucune ferraille sélectionnée n'est « trop proche de la surface du béton », afin d'éviter des erreurs induisant les sinistres biens connus d'épaufrures.

Réglementaires Il s'agit de vérifier la **conformité à des règles de conception**.
Ex. : la réglementation de conception des espaces extérieurs publics et principalement pour les accès aux personnes à mobilité réduite, comme une aire de repos par exemple. Cette réglementation est principalement axée sur des questions strictement géométriques de forme de marches, de pentes et de dimensions minimales d'espaces, etc.

Spécifiques Il s'agit de vérifier la **conformité à des règles** de conception **non réglementaires** mais émises par la maîtrise d'ouvrage ou définie par la communauté de projet.

Un vérificateur de règles pour les 3 dernières Les 3 derniers types d'interférences sont analysés par l'outil de vérification de règles.

Cependant, l'information même de l'existence d'une interférence n'est pas hébergée dans la MN. Cela permet d'être **directement accessible** au travers d'un outil de modélisation. Ces outils permettent d'éditer des « rapports de clashes » qui peuvent, dans les phases de mise au point technique de certains projets, être longs de plusieurs centaines de pages. En effet, l'information sortante de ces outils **n'est actuellement pas « triée », personnalisée, gérée et suivie.**

L'outil de vérification de règles

C'est une couche supplémentaire sur l'outil d'analyse des interférences.

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

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

De même, il est possible de vérifier la bonne application de règles de conception d'urbanisme ou d'accessibilité aux personnes à mobilité réduite.

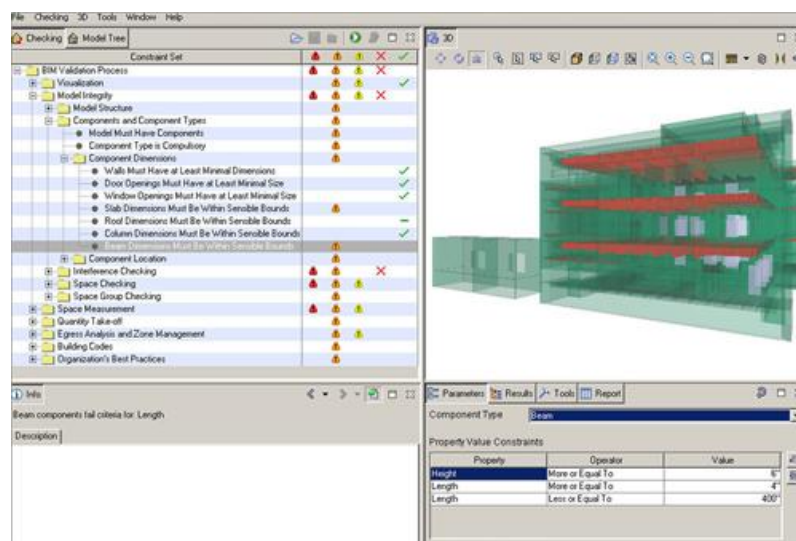


Figure D2-5 : Vue d'un outil (Solibri®) permettant de vérifier l'application de règles de conception

L'outil de revue de projet

Intervenir sur les workflows des informations

L'outil d'**arbitrage** et d'**annotation** aide à la :

- révision du projet,
- prise de décision,
- communication externe de l'équipe de projet.

Il ne peut pas ajouter, supprimer ou modifier les données existantes (sauf les attributs de la **validation** et de la **révision**).

Enregistrer l'historique

En phase de conception, la **comparaison des analyses** basées sur deux variantes d'un même objet (les résultats des diverses simulations, les géométries, les coûts, etc.) doit permettre de prendre des décisions.

En phase d'étude, il faut résoudre les conflits, prendre les décisions et valider les solutions.

Lors de la « **review gate** » en fin de chaque phase, un grand nombre de décisions primordiales doit être accepté par l'ensemble des partenaires. C'est notamment dans cette phase que l'utilisation d'un **navigateur spécifique** doit permettre de visualiser les incohérences, de les identifier, d'enregistrer les décisions et les validations. La MN **conserve** ainsi **une trace** de tout ce qui a été effectué et décidé pour arriver à la version finale du projet.

Dématérialiser les revues

Il est préférable d'intégrer l'outil à la plateforme collaborative d'échange afin de :

- Permettre de **dématérialiser les revues** de projet.
- **Diminuer** largement **la quantité de déplacements** des acteurs attendus pour participer aux réunions de synthèse. Cela permet à chacun de rester chez soi pour réaliser ces revues de coordination. Elles seront plus nombreuses et fréquentes que dans un processus traditionnel.



D3 - Passerelle d'Échange

La clé de voute du modèle global

Transmettre et traduire

L'**interpréteur de données** est un outil qui transmet et « traduit » les données entre la MN centrale et les logiciels de modélisation ou d'analyse, de calcul et de simulation.

C'est la **clé de voute** de l'EMNC. Il s'agit de parfaitement **contrôler les transferts** de données et d'assurer leur **fiabilité**.

En entrée et en sortie

Cet interpréteur fonctionne en entrée comme en sortie de tout outil et se définit :

- par une **classe d'équivalence** entre deux modèles de données, permettant d'inter-échanger les briques constituant l'ensemble conception (métiers) ou l'ensemble de la MN ;
- dans des **formats non propriétaires** dit neutres comme les formats IFC dans le domaine du bâtiment.

Point de passage des fonctionnalités

La passerelle d'échange assure l'**alimentation** du modèle de données de la MN, en objets, attributs et liens à partir des outils métiers.

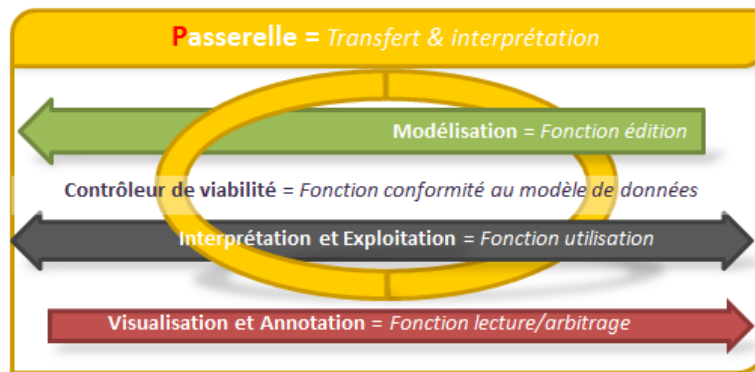


Figure D3-1 : Composition fonctionnelle de la macro fonction passerelle de transfert et interprétation

Le contrôle de conformité

Cette fonctionnalité revêt deux aspects différents.

La conformité des données entrantes au modèle

Il s'agit de vérifier puis d'accepter ou de refuser l'entrée d'une donnée ou d'un lot de données dans le modèle central en fonction de son emplacement proposé par le système *Passerelle&Transfert*.

C'est le dernier contrôle en entrée pour vérifier que la **bonne information va bien au bon endroit**, en fonction du modèle objet de projet retenu pour le projet (via une norme choisie ou une normalisation relative au projet et à son contexte). Ainsi par exemple est refusée une donnée relative à la section d'un acier de ferrailage qui serait adressée par **erreur informatique** à une couche de chaussée.

Il est aussi vérifié par ce biais qu'un document lié a bien la **nature** qu'il prétend avoir « attributairement parlant » dans la base. C'est-à-dire vérifier que, si un plan a été lié à un objet par un outil expert, il est bien **référéncé comme tel** dans le modèle partiel entrant et non comme un document texte par exemple. Cette fonctionnalité a le **pouvoir de véto** sur l'entrée de données dans le système central.

La cohérence informatique des données entrantes

Il s'agit ici de contrôler que le modèle partiel entrant est bien **viable** informatiquement parlant. C'est-à-dire par exemple que :

- des attributs d'adressage de lien ne pointent pas :
 - dans le vide,
 - sur le mauvais objet (erreur de GUID par exemple) ;
- le modèle entrant ne va pas générer une référence circulaire attributaire entre des objets (voir figure C2-3 ci-dessous).

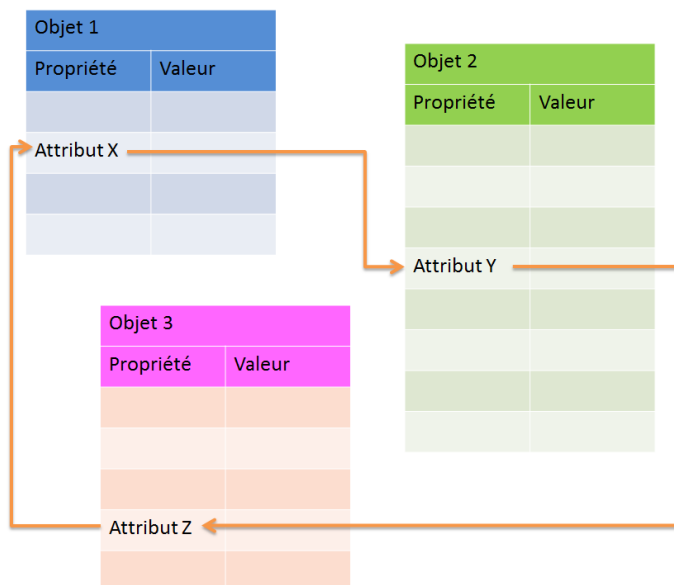


Figure D3-2 : Référence circulaire d'attributs

Garant de l'indépendance des outils métiers

Indépendance

La passerelle informatique est à cheval entre les outils métiers et les outils MN parce que :

- Le modèle de données propriétaire doit être traduit dans **un modèle de données compatible avec la MN**. L'outil métier doit garantir l'intégrité et la complétude des données fournies.
- La MN doit procéder dans le sens inverse : **restituer** dans les outils métiers les informations qui sont générées ou qui transitent dans la MN.
- La MN doit être **indépendante des outils métiers**. À tout moment il doit être possible **d'inter-changer** un outil métier par un autre sans modifier le modèle de la MN.

Transparence pour les utilisateurs

Concrètement cet outil est « transparent » pour les utilisateurs.

Un utilisateur doit pouvoir utiliser son outil métier directement. Ce dernier doit « interroger » la PCE, qui laisse l'utilisateur au travers de son outil métier **charger des données**.

Cela se fait via :

- Les différents **filtres** exposés plus haut (statut des données, identité et rôle de l'utilisateur demandant un accès, etc.),
- L'utilisation d'un **format neutre d'échange** (a minima).

D4 - Outils métier

Les intégrateurs de spécifications

Les intégrateurs de spécification servent principalement à initialiser la MN du projet. Ils permettent :

- **D'importer des données** initiales qui concernent le site, le contexte, l'environnement, comme les bases SIG issues de l'administration.
- **D'allouer les spécifications** du client par espace à une région ou une géométrie primitive.

On peut ainsi « planter le décor » du projet en définissant :

- le **site** et ses caractéristiques,
- les **spécifications** du maître d'œuvre,
- l'**organisation** du projet.

Les modélisateurs

Il existe :

- **Modélisateurs généralistes** : sans point de vue métier, purement mécaniques, ils permettent par exemple de modéliser les matériels utilisés par ou créés pour le projet.
- **Modélisateurs métier « segmentables »** sur le même modèle que les périmètres métiers proposés plus loin comme structuration des données dans les premiers niveaux. À chaque spécialité de conception, son outil de modélisation ; de même pour les outils de calcul et de « *model view definition* » utilisés par les navigateurs en dehors de la PCE.

Tous les modélisateurs doivent :

- être basés sur une base de données objet, permettant d'enregistrer au **format neutre** initié dans le chapitre suivant ;
- posséder toutes les **fonctionnalités** de navigation exigées du navigateur de la PCE.

Les outils de simulation

Simuler, c'est appliquer un scénario à un jeu de données existant afin d'en tirer un **comportement réponse** du système modélisé.

On entend ici tout outil servant à strictement utiliser les **données en lecture** afin d'en produire une analyse. Les résultats sont des **cartographies de valeurs** :

- exportables en un document devant être lié à ces objets pris en hypothèse,
- ou à ajouter comme attributs supplémentaires à ces dits objets.

Une nouvelle version de ces objets est donc générée avec le commentaire « analyse X effectuée sur la version Y des objets A, B, C, etc ».

Le schéma suivant explique pourquoi il est fondamental que les résultats de simulations ou de calculs soient **enregistrés en tant que valeurs ou cartographies de valeurs** sur les objets (donc en tant qu'attributs de ces derniers) et donc **transmissibles** via le format neutre d'échange.

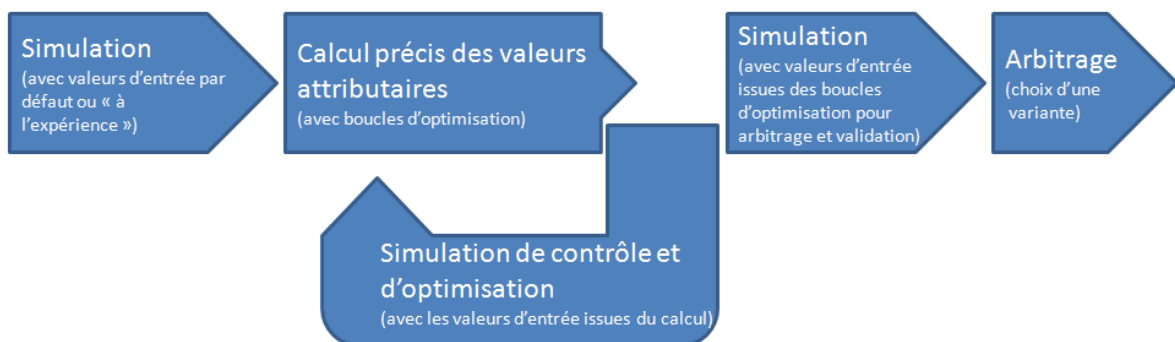


Figure D4-1 : Schéma d'une simulation itérative

Les outils de calcul

Calculer c'est **dimensionner** les éléments composant le système d'objets paramétriques, et qui constituent une MN multi-métier.

On comprend par ce terme **l'utilisation**, la **modification** et la **création** d'objets via une analyse technique. Par exemple, lors d'un calcul de structure en béton armé, on :

- 1 Effectue une simulation en prenant la structure esquissée que l'on charge.
- 2 Analyse les résultats pour les optimiser.
- 3 Vient compléter ce travail en précisant le modèle par un dimensionnement répondant au mieux aux besoins exprimés par la simulation.

D5 - Bilan sur les outils

Sur la plateforme collaborative d'échange

Les fonctionnalités minimales exigibles de la PCE sont :

- **L'hébergement** des données :
 - stockage,
 - gestion des échanges,
 - réglementation des accès par profils,
 - gestion des flux de données (*Workflows*).
- La **passerelle d'échange** vers les outils métiers de CAO, de calcul & simulation et de revue de projet, idéalement via un format neutre et ouvert (comme les IFC dans le domaine du bâtiment).

Ajout de fonctionnalités

À ces fonctionnalités minimales, sont intégrées les fonctionnalités de :

- **analyse d'interférences**,
- **revue de projet** (navigation et arbitrage de variantes et d'interférences),
- **contrôle de règles géométriques** issues des normes de conception.

Ce sont des briques fonctionnelles qui doivent rester des briques **logicielles interchangeables**.

Remarques globales

Le but de cette partie du livrable n'est pas de définir toutes les exigences constitutives d'un cahier des charges fonctionnel et « performantiel » d'un futur système.

Cependant, on peut aisément espérer qu'une **harmonisation** des développements des éditeurs permettra de voir éclore :

- un **écosystème d'outils convergents**,
- une **norme** pour le modèle de données.

Cela permettra de raccorder les univers des **SIG** (pour les infrastructures linéaires et les réseaux) et du **BIM génie civil** (pour les ouvrages d'art et le bâtiment) sur un **codage XML ouvert** et dont les sources resteront publiques.

E - Modèle de données

Introduction.....	58
Le modèle de données, pilier du standard d'échange.....	58
Une approche des fondamentaux, non exhaustive.....	58
E1 - Caractéristiques générales d'un modèle de données	59
Modèle de référence	59
Imbrication de MN.....	60
E2 - Le modèle de données COMMUNIC	61
Une structuration en niveaux d'objets physiques	61
Des informations attachées aux objets physiques	63
Les caractéristiques de chaque information	63
Les systèmes transversaux à la structuration en niveaux.....	63

Introduction

Le modèle de données, pilier du standard d'échange

Les chapitres précédents montrent par les fonctionnalités attendues et les schémas d'architecture que le modèle global COMMUNIC nécessite un standard d'échange des informations. Ce standard comprend un :

- modèle de donnée partagé,
- format neutre d'échange.

Note : Le processus d'établissement du standard (qui comprendra la définition d'un modèle de données) fait l'objet du chapitre F ci-après.

Une approche des fondamentaux, non exhaustive

Dans le programme fonctionnel, nous abordons le modèle de données, pour dire ce qu'il nous semble **fondamental** de prendre en compte dans le modèle de données pour être conforme au modèle global de COMMUNIC.

Le présent chapitre n'a pas pour objet de décrire un modèle de données qu'il ne resterait plus qu'à appliquer. Il ne faut donc pas chercher ici l'exhaustivité et la cohérence d'un modèle de données détaillé.

E1 - Caractéristiques générales d'un modèle de données

Modèle de référence Pour assurer la cohérence de la MN, il est nécessaire de définir un modèle de référence.

Format neutre de partage et d'archivage Le modèle est utilisé pour la spécification d'un format neutre de partage et d'archivage à long terme des données de la MN. Ce format neutre est implémenté dans des passerelles par les éditeurs de logiciels en import/export pour **assurer la compatibilité de leurs solutions** avec ce modèle objets de référence.

Guides d'utilisation des logiciels métier Ce modèle est aussi utilisé pour la mise au point de guides d'utilisation des logiciels métier pour **aguiller les utilisateurs** vers l'utilisation des bonnes fonctionnalités et les bons objets propriétaires, compatibles avec ce modèle objet de référence.

Paramétrage d'application PLM Enfin, le modèle est utilisé pour le paramétrage d'une application de type PLM, notamment pour **configurer son modèle objets propriétaire**, conformément aux objets d'organisation projet, compatibles avec ce modèle objet de référence.

Objets informatiques constituant le modèle Le modèle objets de référence contient :

Type d'objets informatiques	Exemple
1. Objets « constructifs » : objets réellement construits, c'est-à-dire les objets définis par le modèle global COMMUNIC (voir livrable L1)	1.1: pile de pont
2. « Ressources » : ressources nécessaires pour concevoir, construire et exploiter l'infrastructure.	2.1 : matériels, ouvrages provisoires, solutions informatiques à déployer pour le projet 2.2 : acteurs (concepteurs, constructeurs, exploitants) 2.3 : <i>workflow</i> ou planning de réalisation du projet (avec des phases, des tâches)
3. « Containeurs » : agrégation virtuelle ou réelle d'objets constructifs ou de ressources.	3.1 : pont 3.2 : système regroupant les équipements de drainage de l'ouvrage
4. « Relations » permettant de définir toutes les combinaisons nécessaires de relations entre les objets constructifs, ressources et containeurs.	4.1 : pile de pont appartenant au pont 4.2 : pile de pont connectée au tablier 4.3 : canalisation faisant partie du système de drainage

Attributs des objets informatiques À chacun de ces objets informatiques, il faut associer des attributs (ou propriétés). Parmi ces attributs, on trouve :

- Une ou plusieurs **représentations géométriques**. Elles correspondent aux niveaux de détail ou modes de représentations nécessaires pour certaines disciplines d'analyse.
- Un **positionnement** absolu ou relatif à un autre objet.
- L'**association** avec un ou plusieurs matériaux.
- Un ou plusieurs **jeux de propriétés technologiques** (non géométriques).

Imbrication de MN

Des maquettes en « poupées russes »

Le volume et la pluridisciplinarité des données de la MN posent inévitablement le **problème** de leurs **stockages** et de leurs méthodes de **partage**.

Il est peu vraisemblable de pouvoir stocker l'ensemble des données d'une maquette dans un seul fichier. Il faut donc envisager de stocker ces données dans un **réseau de fichiers**.

Chaque fichier, correspondant à une maquette partielle, peut être une :

- description d'un objet constructif ou d'un conteneur pouvant correspondre à un **lot du projet**,
- **discipline** particulière (structure, réseaux fluides, etc.),
- **phase** du projet (ex : APS, APD, etc.),
- **version** du projet,
- **variante** du projet.

Exemple d'imbrication

Le schéma suivant une imbrication de fichiers, ou un fichier *CityGML* peut être utilisé pour **décrire le projet global**, à l'échelle du territoire. Ce fichier *CityGML* fait référence à des fichiers IFC externes, qui permettent de détailler tel ou tel élément du projet de construction :

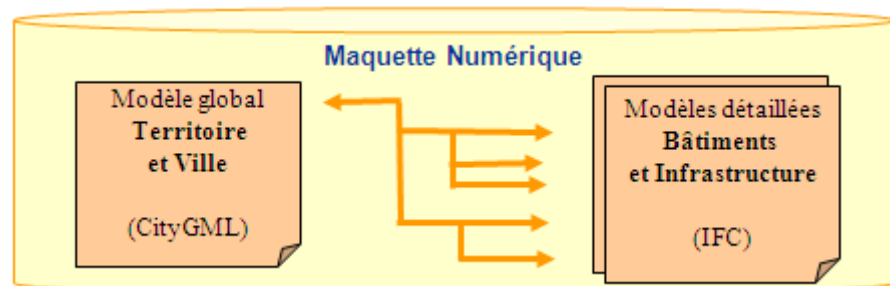


Figure E1-1 : exemple de liens entre maquettes partielles

Des liens entre maquettes à gérer par des outils spécifiques

On parle ainsi d'imbrication de maquettes. Elle est gérée par deux types d'outils :

- **Outils de synthèse**, qui permettent de vérifier la cohérence de ces sous-maquettes ou de détecter les éventuelles interférences.
- **Outils de type PLM**, qui permettent de gérer le cycle de vie complet du projet de construction, en associant chaque sous-maquette à des auteurs et réviseurs, à des éléments de planification, etc.

E2 - Le modèle de données COMMUNIC

Une structuration en niveaux d'objets physiques

Les objets : éléments structurants du modèle

Le modèle doit être basé sur des **objets « physiques »** c'est-à-dire les futurs composants de l'ouvrage qui sera construit.

Le terme objet n'a pas ici le caractère générique des objets informatiques qui représente une caractéristique, une relation, une règle, etc. C'est ici une **partie de l'ouvrage** qui est géométriquement définie et qui sera réellement construite.

Les exemples d'objets que l'on retrouvera dans un ouvrage d'infrastructure, permettent de comprendre la **diversité des objets** en domaines et en niveau de détail. A contrario, les exemples qui ne sont pas des objets constitueront les objets informatiques à manipuler. Ce sont en général des informations.

Cette hypothèse est à la base du modèle de donnée.

Exemples d'objets physiques	Exemples d'objets informatiques
rétablissement de communication regard d'un réseau d'assainissement corps de remblai pile d'un pont tunnel fer à béton d'un tablier de pont.	date d'approbation d'un dossier vitesse de référence contrainte admissible d'un matériau couleur d'un garde corps axe de l'infrastructure coût d'un PMV

L'ouvrage à construire est structuré en niveaux

Les visions que l'on souhaite obtenir de l'ouvrage, et la progressivité des études conduisent à structurer l'ouvrage en niveaux contenant des objets de plus en plus détaillés.

Le modèle de données doit être conçu avec les 3 premiers niveaux suivants :

■ Niveau 0 - le projet

Ce niveau est systématiquement réservé à l'objet global du projet. C'est donc physiquement la **totalité de l'ouvrage à construire**.

■ Niveau 1 - les ouvrages fonctionnels

Ce niveau correspond au **découpage** du projet en objets fonctionnels. En effet, un projet d'infrastructure se décompose en général en parties appelées « ouvrages » qui remplissent chacune une fonction d'usage.

Objets de niveau 1	Fonctions
L'autoroute	Assurer la circulation automobile sur l'autoroute
La RN138	Maintenir la circulation automobile sur la RN 138
Une ligne EDF	Assurer le transport électrique au travers du projet
Un ruisseau	Assurer l'écoulement des eaux du ruisseau
Le sol support	Supporter le projet

■ Niveau 2 - les ouvrages métier

Ce niveau correspond au découpage de chaque ouvrage fonctionnel en objets métiers (ou domaines) qu'il faut mobiliser pour le construire.

Objets de niveau 2	Ouvrages réalisés par les entreprises :
Ouvrages d'art	spécialisées en ouvrages d'art
Terrassements	de terrassements
Réseaux de drainage	d'assainissement
Chaussées	spécialisées en chaussées

Les niveaux les plus détaillés sont définis au cas par cas en tenant compte des spécificités du **projet** et des **domaines** concernés.

Une des raisons pour fixer le mode de découpage de ces niveaux est que c'est sur le croisement des niveaux 1 et 2 que se font en général les estimations des projets (types d'ouvrages / natures des travaux).



Exemple de structuration

Les schémas ci-dessous illustrent la logique de cette structuration en objets par niveaux et le caractère transversal des systèmes.

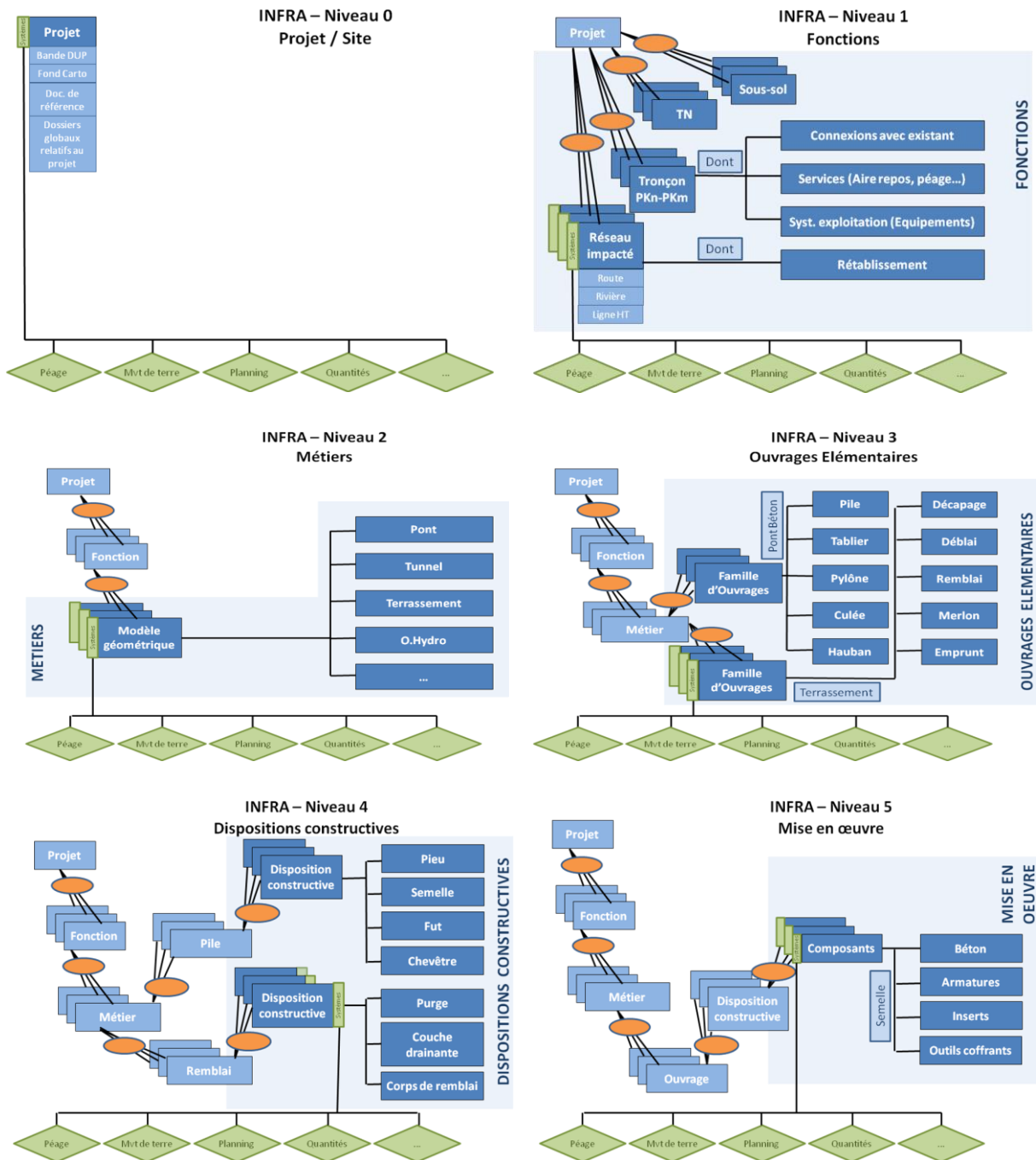


Figure E2- 1 : Exemple de structuration d'un projet en objets par niveaux

Transposition des IFC

Vous pourrez trouver une analyse de la transposition des IFC bâtiment, bridge et infra, en annexe 3.

Des informations attachées aux objets physiques

Le modèle de données doit organiser les informations liées aux objets.

Toute information relative au projet est rattachable à un objet

Compte-tenu de la structuration ci-dessus en objets par niveaux, il est possible d'attacher toute information du projet à un objet.

La **nature** de l'information permet de choisir l'objet pour lequel une information est pertinente. C'est en général l'objet de niveau le plus élevé qui est le seul à être concerné.

Trois catégories d'informations attachées à un objet

Le nombre d'informations rattachables à un objet est important. Il faut donc en organiser le stockage. Nous avons décidé de retenir 3 catégories d'information :

- qui permettent la **définition géométrique**,
- qui caractérisent l'objet : ses **attributs**,
- sur les relations avec les attributs d'autres objets : les **liens**.

Définition géométrique

Il s'agit de toutes les informations qui permettent de définir :

- le **volume** de l'objet, surfaces externes ou internes,
- son **positionnement** dans l'espace.

Attributs

Il s'agit de toutes les informations qui sont propres à l'objet et qui le **caractérisent**. On peut citer par exemple: la nature du matériau, le poids, le coût, la date d'achèvement.

Liens

Il s'agit des **contraintes ou règles à respecter** entre les attributs de l'objet et des attributs d'autres objets.

Ces liens peuvent concerner par exemple :

- la géométrie avec une face qui doit être en contact avec une face d'un autre objet,
- le planning avec un objet à réaliser après tel autre,
- un coût qui est la somme des coûts des « objets enfants »,
- une charge liée au poids d'un autre objet,
- une co-visibilité.

Les caractéristiques de chaque information

La MN doit gérer les informations. Il faut donc que chaque information soit précisément définie, par exemple :

- le propriétaire,
- le caractère public ou privé,
- la confidentialité,
- le statut,
- la date d'effectivité.

Les systèmes transversaux à la structuration en niveaux

Le modèle global COMMUNIC a identifié que des systèmes transversaux sont à **gérer en plus** de la structuration en niveaux d'objets.

Ces systèmes doivent être définis **au cas par cas** pour chaque projet, mais il faut que le modèle de données soit prévu pour les gérer.

Des liens sont réservés pour pouvoir identifier :

- les **systèmes** auquel l'objet appartient,
- les **attributs** utiles à la gestion de ces systèmes.



Page laissée blanche intentionnellement

F - Feuille de route vers un standard d'échange COMMUNIC

Introduction	66
Objectif	66
Contenu	66
Feuille de route pour un standard d'échange COMMUNIC	67
F1 - Utilisation des standards existants	68
« <i>Mapping</i> » des standards.....	68
Possibilités d'utilisation	68
Exemples d'utilisation	69
F2 - Boite à outils	73
Composants logiciels communs	73
Standard Development Kit (SDK)	73
Outils de visualisation de référence	74
Tests et procédures de tests	74



Introduction

Objectif

Standardiser le modèle de données

Dans ce chapitre, on décrit la marche à suivre pour standardiser **le modèle de donnée neutre COMMUNIC**, tel que présenté dans le chapitre E.

Choix de standard de type IFC

Compte tenu :

- du niveau de détail attendu par les partenaires COMMUNIC (sociétés d'ingénierie et entreprises du BTP),
- de la maturité du format IFC,
- des travaux déjà réalisés pour les ouvrages d'art (le projet IFC-Bridge),

c'est une **extension du standard IFC** qui est visée pour la standardisation du modèle de données COMMUNIC.

Contenu

La liste suivante décrit les modules du chapitre F :

Module	Contenu
F1 - La démarche de développement d'un standard	Marche à suivre pour définir une extension du standard IFC.
F2 - Les standards existants	Pistes et sources d'inspiration , puisées dans des standards existants (IFC, CityGML, LandXML, etc.) pour mener à bien ce processus de standardisation du modèle COMMUNIC.
F3 - Les outils de développement	Quelques composants logiciels développés pour accompagner la prise en compte du nouveau standard, par les éditeurs de logiciels.

Feuille de route pour un standard d'échange COMMUNIC

Si on suit le concept d'**Aquarium de BuildingSmart**, la démarche de développement d'un **standard IFC Infrastructure**, est normalement la suivante. Il est à noter que cette **démarche** est évidemment **itérative**, avec introduction progressive de nouveaux processus et vues métiers.

Étape	Démarche	Description
1	Demande Medi@construct	Formulation de la demande pour un nouveau projet IFC auprès de son chapitre <i>BuildingSmart</i> , en l'occurrence l'Association Medi@construct pour la France.
2	Internationalisation	Recherche d'au moins deux autres chapitres internationaux <i>BuildingSmart</i> , prêts à accompagner le projet. Pour les infrastructures, cela ne doit pas poser de problème majeur, considérant que les chapitres Allemands, Japonais et Nordiques se sont déjà déclarés intéressés.
3	Organisation	Montage du projet avec la nomination d'un « project leader » et d'un « technical leader ». Pour ce binôme, un tandem franco-allemand est le plus attendu. A ce stade, il faut également identifier les experts BuildingSmart , a priori du groupe MSG (<i>Modeling Support Group</i>), qui nous accompagneront.
4	Association des éditeurs	Le concept d'Aquarium allie les phases de modélisation et d'implémentation. Il est certainement profitable d'associer au projet, quelques éditeurs de logiciels qui valident , par l'implémentation, le standard développé .
5	Formalisation des processus	La modélisation commence alors par la formalisation des processus, suivant le formalisme IDM (<i>Information Delivery Manual</i> - http://www.iai.no/idm/), en repartant des travaux du modèle global COMMUNIC et des contributions potentielles des autres chapitres. Il s'agit de préciser, dans le formalisme IDM, les processus décrits dans le modèle global COMMUNIC (livrable L1).
6	Traduction en vues métiers	De ces formalismes IDM, on extrait des vues métiers, qui sont formalisées suivant le mécanisme MVD (<i>Model View Definition</i> - http://www.blis-project.org/IAI-MVD/). Ils servent à spécifier précisément, les besoins en termes de <i>mapping</i> vers les entités IFC existantes ou de création de nouvelles entités. Il s'agit de préciser les objets du modèle de données COMMUNIC, tel qu'esquissé au chapitre E.
7	« Mapping »	Le travail de <i>mapping</i> et d'extension IFC est ensuite mené par les experts MSG qui produisent un schéma EXPRESS pour IFC-Infrastructure. Ce schéma doit être une combinaison et une extension des schémas IFC 2X4 et IFC-Bridge. Le module suivant de ce chapitre présente des premières pistes de mapping.
8	Boîte à outils de développement	Le schéma EXPRESS produit est ensuite utilisé pour produire des SDK de lecture/écriture d'instances IFC-Infrastructure. Ex. : utilisation du générateur automatique Expressik pour produire automatiquement des SDK, à partir du schéma EXPRESS. Des exemples de SDK sont décrits dans un module suivant.
9	Définition des tests	Un jeu de fichiers de tests IFC, conformes au schéma IFC-Infrastructure , est produit, plus au moins manuellement. Il sert aux tests des interfaces.
	Procédures de tests	Des procédures de tests automatiques et un outil de visualisation de référence peuvent également être développés (ex : extension du <i>viewer</i> eveBIM, du CSTB).
10	Implémentation par les éditeurs	Maintenant, les éditeurs de logiciels implémentent le nouveau standard , en s'appuyant sur les composants précédemment développés.
11	Validation industrielle	Une phase de validation industrielle est menée par des utilisateurs métiers des outils logiciels interfacés .

F1 - Utilisation des standards existants

« Mapping » des standards

Dans cette section, on propose d'interpréter les objets du modèle de données COMMUNIC (chapitre E), avec les entités existantes des standards suivants :

Standard	Interprétation
IFC (norme ISO 16739)	<p>Il comporte 800 classes d'objets, dans sa version 2x4. Il sera publié officiellement fin 2010. Il fournit déjà un modèle standardisé très complet pour les MN de bâtiments, avec les éléments d'architecture, de structure, HVAC.</p> <p>Les IFC sont maintenant proposés en import/export de la plupart des nouveaux logiciels de CAO pour le bâtiment (Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Nemetscheck Allplan...). Les IFC 2x4 intègrent des éléments géographiques et de géo-localisation, inspirés de CityGML, qui permettent de situer le bâtiment dans son contexte.</p> <p>http://www.buildingsmart.com</p>
IFC-Bridge	<p>IFC-Bridge est une extension des IFC, spécifiques aux ouvrages d'art, développée par le SETRA, avec l'appui technique du CSTB et dans le cadre officiel de BuildingSmart et des coopérations avec les chapitres Francophones, Japonais, Nordique et Allemand.</p> <p>Ce modèle, reconnu assez complet, pour les ponts, n'a pas été encore formellement intégré dans les IFC ni implémenté par les éditeurs de logiciels, dans l'attente d'un projet plus complet de fusion avec un modèle « IFC-Road » ou « IFC-Infra ».</p>
CityGML pour les MN globales des villes	<p>CityGML est développé par l'organisation internationale OGC (<i>Open Geospatial Consortium</i>) et adopté maintenant comme standard 3D par INSPIRE.</p> <p>Pour la France, l'IGN est un expert reconnu de CityGML et participe activement à son développement au sein de l'OGC.</p> <p>Des solutions comme Bati-3D ou Carto-3D de l'IGN ou <i>LandExplorer</i> d'Autodesk proposent déjà des interfaces d'import/export CityGML.</p> <p>http://www.citygml.org/</p>
LandXML	<p>LandXML propose un format neutre XML pour les échanges de tracés routiers avec description des axes en plan, profils en long et profils en travers. Ce format, implémenté par Bentley et Autodesk, n'est porté par aucun groupe de normalisation officiel.</p> <p>Il pourrait servir de principale source d'inspiration pour un IFC-Road.</p> <p>http://www.landxml.org/</p>
GeoXML (norme ISO 14688-3)	<p>Dans le cadre des documents normatifs élaborés par le TC182 de l'ISO, un format d'échange a été défini dans la norme ISO 14688-3 Reconnaissance et essais géotechniques - Dénomination, description et classification des sols - Partie 3 : échange électronique de données sur la dénomination et la description des sols.</p>

Possibilités d'utilisation

Ces standards nous fournissent des sources d'inspiration, pour notre standard COMMUNIC. Ils peuvent être utilisés de 2 manières :

Source d'inspiration

Ils sont une source d'inspiration d'objets et d'attributs, pour **créer des nouvelles entités manquantes**, dans le standard de destination (IFC).

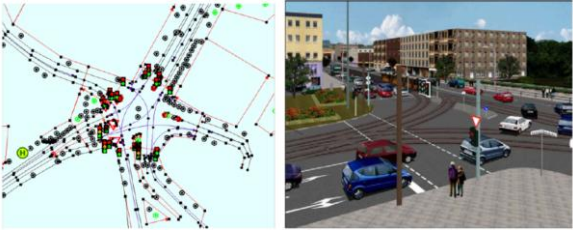
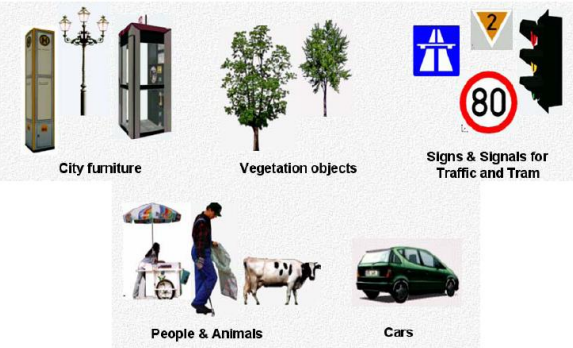
Établissement de liens

Ils permettent d'établir un **lien entre un objet** ou un attribut IFC et un **fichier externe** associé défini dans un autre standard (ex : GeoXML).



Exemples d'utilisation

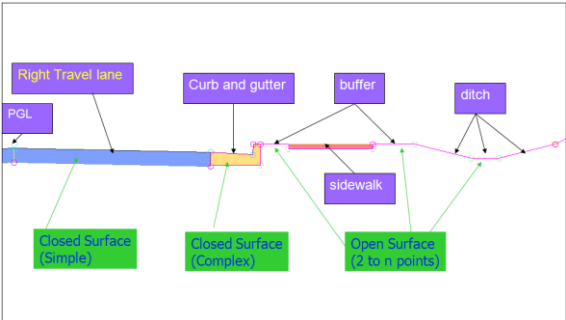
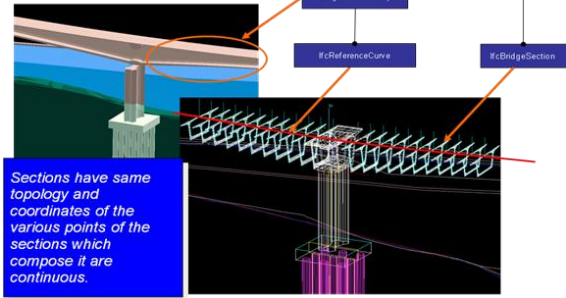
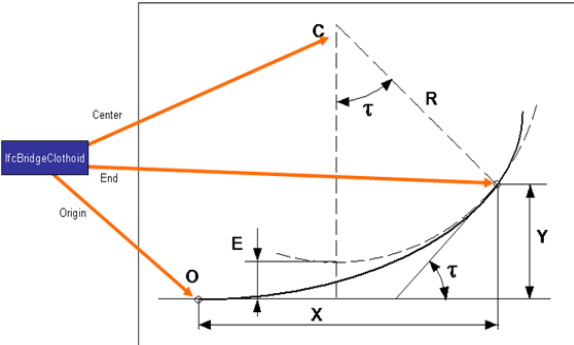
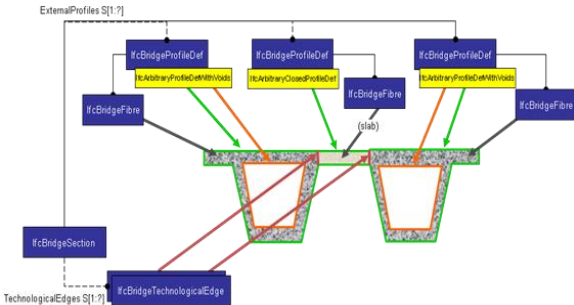
Le tableau suivant, présente **des pistes** pour le *mapping* des objets du modèle COMMUNIC. Il indique pour des standards sources, les objets dont on pourrait s'inspirer pour le modèle « IFC-Infra ».

Objets COMMUNIC	Standard source	Mapping possible
Voies de transports	CityGML	<p style="text-align: center;">TransportationObjects</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Fig. 37. Complex urban intersection (left: linear transportation network with surface descriptions and external references, right: generated scene) (source: Rheinmetall Defence Electronics).</p>
Signalisation, équipements de sécurité	CityGML	<p style="text-align: center;">Prototypic objects</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Fig. 7: Examples of prototypic shapes (source: Rheinmetall Defence Electronics).</p>

F - Feuille de route vers un standard d'échange COMMUNIC

F1 - Utilisation des standards existants (suite)

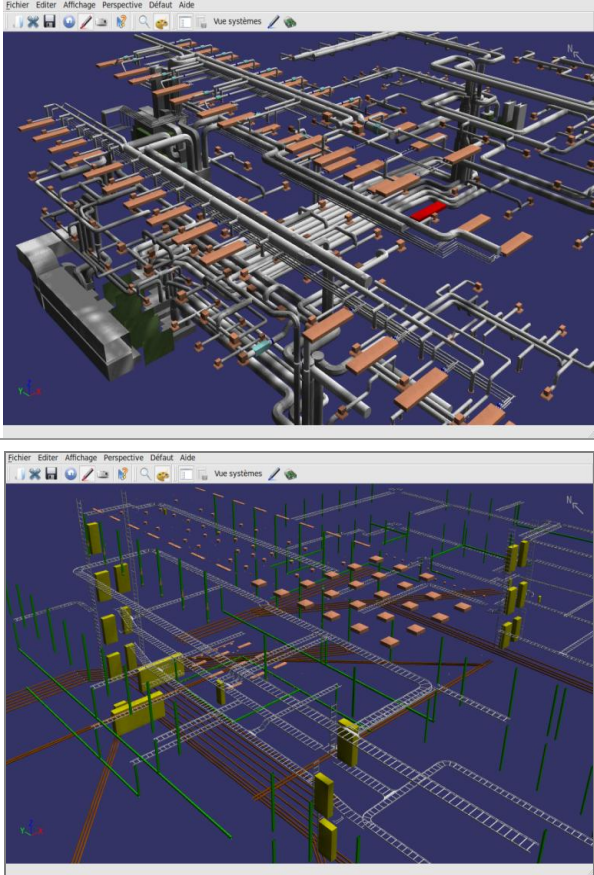
Exemples d'utilisation (suite)

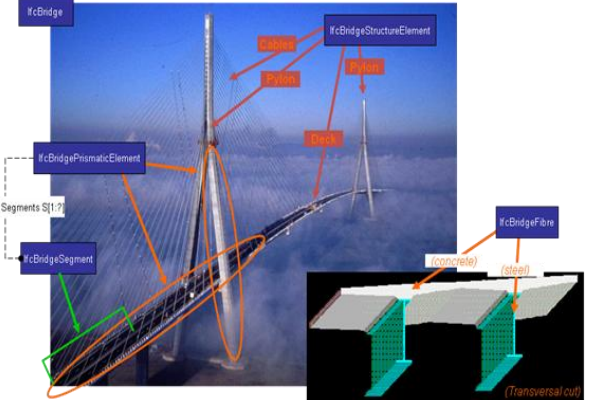
Objets COMMUNIC	Standard source	Mapping possible
Profil de la route ou de l'ouvrage d'art	LandXML	
	IFC-Bridge	<p>IfcBridgeSectionSpine</p> 
		<p>IfcBridgeClothoid</p> 
		<p>IfcBridgeProfileDef</p> 

F - Feuille de route vers un standard d'échange COMMUNIC

F1 - Utilisation des standards existants (suite)

Exemples d'utilisation (suite)

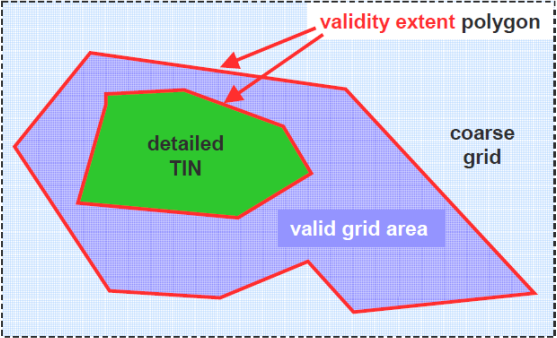
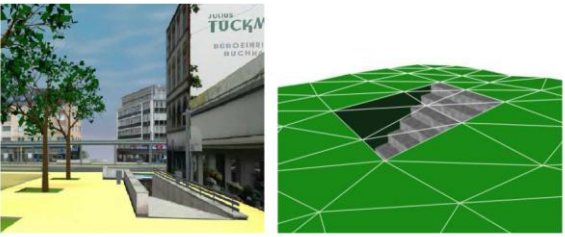
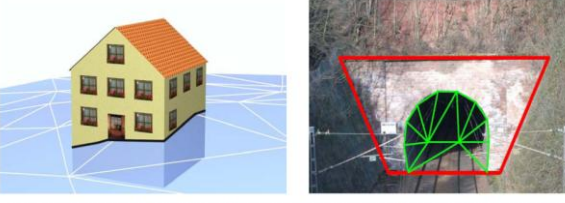
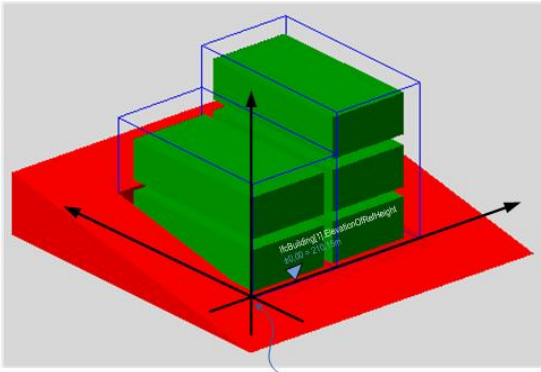
Objets COMMUNIC	Standard source	Mapping possible
Réseaux de fluides	IFC 2X4	<p>IfcPlumbingFireProtectionDomain IfcHvacDomain IfcElectricalDomain</p> 

Ponts	IFC-Bridge	<p>IfcBridge, IfcBridgeStructureElement, IfcBridgeSegment</p> 
-------	------------	---

F - Feuille de route vers un standard d'échange COMMUNIC

F1 - Utilisation des standards existants (suite)

Exemples d'utilisation (suite)

Objets COMMUNIC	Standard source	Mapping possible
Bâtiments Industriels	IFC 2X4	À préciser
Ouvrages hydrauliques	À définir	À préciser
Terrassement	CityGML	<p>Digital Terrain Model (DTM) → à compléter</p>  <p>Fig. 22: Nested DTMs in CityGML using validity extent polygons (graphic: IGG Uni Bonn).</p>  <p>Fig. 4: Closure surfaces to seal open structures. Passages are subsurface objects (left). The entrance is sealed by a virtual <i>ClosureSurface</i>, which is both part of the DTM and the subsurface object (right) (graphic: IGG Uni Bonn).</p>  <p>Fig. 5: <i>TerrainIntersectionCurve</i> for a building (left, black) and a tunnel object (right, white). The tunnel's hollow space is sealed by a triangulated <i>ClosureSurface</i> (graphic: IGG Uni Bonn).</p>
Site / context	IFC 2X4	<p>IfcSite</p>  <p>IfcSite.ObjectPlacement = IfcLocalPlacement for information purpose equal to: RefLongitude, RefLatitude, RefHeight Referring to degree, minute, seconds (with fractions) given in WGS84: 15° 52' 23.34"; 53° 21' 12.34" 210.15m</p>
	CityGML	LanduUse
Géotechnique	GeoXML	À préciser



F2 - Boite à outils

Composants logiciels communs

Pour mettre en œuvre des standards, très riches et donc complexes comme les IFC ou CityGML, les éditeurs de logiciels doivent s'appuyer sur des composants logiciels communs permettant de **faciliter leur implémentation**.

Cette boite à outils comprend :

- *standard development kit* (SDK),
- outils de visualisation de référence,
- tests et procédures de tests.

Standard Development Kit (SDK)

Des bibliothèques de programmation

Des bibliothèques de programmation (SDK/API), dans différents langages (C++, Java, etc.), sont intégrées dans les logiciels métiers (CAO, analyses, etc.), pour **assurer la connexion** (lecture/écriture) **avec les formats** de données associés aux standards.

Pour les IFC

Dans le cadre du projet eXpert (TIC-PME 2010), le CSTB a déjà mis au point une telle bibliothèque en **langage C++**, pour les IFC.

Cet IFC-SDK est d'ores-et-déjà **opérationnel pour une couverture 100%** de la norme IFC 2X3, actuellement implémentée par la plupart des éditeurs de logiciels du bâtiment (Autodesk, Nemetscheck, Graphisoft, etc.).

Il est disponible en **Open Source** sur le site des logiciels libres de la Communauté Européenne OSOR : <https://www.osor.eu/projects/ifc-sdk>.

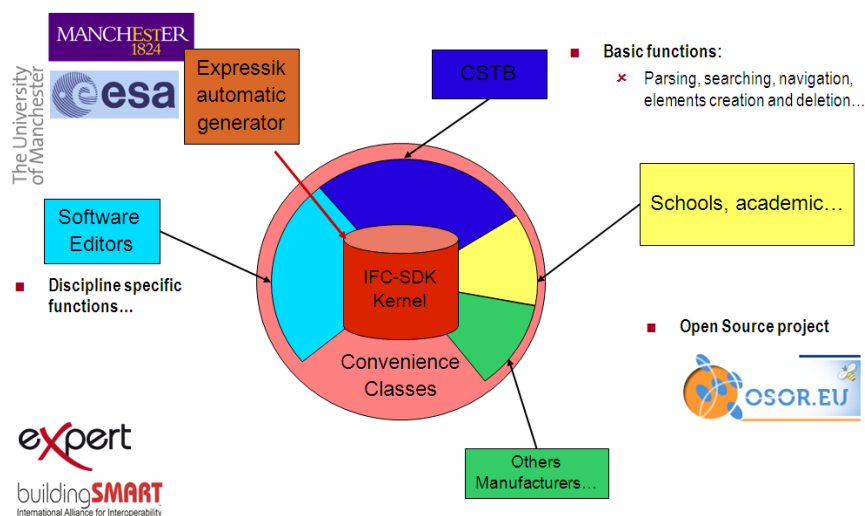


Figure F2-1 : Exemple de bibliothèque de programmation

L'exemple ci-dessus présente la bibliothèque de programmation Open Source IFC-SDK, résultat d'une coopération du CSTB avec **l'Agence Spatiale Européenne** et **l'Université de Manchester**.

Pour CityGML

Dans le cadre du projet ANR TerraMagna, le CSTB a développé un prototype de SDK, pour CityGML.

Pour ses propres besoins dans le cadre de ses offres **Bati-3D** et **Carto-3D**, l'IGN a également développé ce genre de composants permettant de lire ou écrire le format CityGML.

	L3 : Programme fonctionnel de la maquette numérique	Page 73 sur 132
	Livrables	Version du 03/12/10

Outils de visualisation de référence

Les outils de visualisation de référence :

- facilitent la **compréhension** et la **navigation** dans les données standards ;
- participent à la **validation** des interfaces des logiciels métiers.

Pour les bâtiments

À l'échelle du bâtiment et des IFC, le CSTB a développé l'outil de visualisation **eveBIM**. Il permet de :

- charger des fichiers IFC,
- les visualiser,
- les explorer
- les enrichir éventuellement, en vue d'un couplage avec des outils de simulation.

Cet outil est **quasiment opérationnel**. Il est entré dans une phase de beta testing avec des représentants de BuildingSmart et quelques testeurs industriels.

Pour l'urbain

A l'échelle du territoire et de la ville, le CSTB a développé le logiciel **eveGIS**. Il a les mêmes fonctions que pour les bâtiments.

Dans le cadre de TerraMagna, un **prototype d'import** de fichier au format CityGML a été développé dans eveGIS.

Tests et procédures de tests

Il existe des suites de cas tests et des procédures de tests automatiques. Ils facilitent la **validation** des interfaces des logiciels et les préparent ainsi à leurs **certifications** auprès de BuildingSmart.

Un service existant à améliorer

BuildingSmart propose déjà ce genre de services, notamment à travers son nouveau serveur GTDS.

Cependant, tous éditeurs de logiciels et utilisateurs finaux des logiciels, a priori certifiés, pensent que ces services doivent être sensiblement **améliorés**.

Voir : <http://www.jai.hm.edu/>

Annexe 1 : Logiciels métier

Logiciels	Nom	Éditeur
Calcul de structures	Robot Structural Analysis	Autodesk
	Effel	Graitec
	ST1	Setra
	Ansys	Ansys
	Advance Structure	Graitec
	Systus	Asteo
	Pythagore	Setec
	Mixbeam	Scia
	Plaxis	Plaxis
	Armatures de béton armé	Adfer
Armacad		OTP
ASD		Autodesk
CivilFEM		Ingeciber
Power Rebar		Bentley
Tracé routier, Terrassements, Aménagement urbain	ARCGIS	ESRI
	Piste	Setra
	COVADIS	Géomedia
	GeoMACAO	Bentley
	CIVIL3D	Autodesk
	MENSURA	Geomensura
	SketchUp	Google
Planification	MS PROJECT	Microsoft
	PRIMAVERA	Primavera Systems
	PSN	Sciforma
	PROJECTWISE	Bentley
	SYNCHRO	Synchro LTD
Simulation incendie	CIMFEU	CSTB
Construction métallique	TEKLA	TEKLA
Méthodes, Installations de chantier	METHOCAD	CBS
Gestion électronique de documents, Armoires à plans	PROSYS PC	Prosys
	Build-On-Line (CTSPACE
	ICAO	Auxitec

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

INTRODUCTION	77
A- SELECTION D'UN PROJET	79
A1 - Un projet réalisé.....	79
A2 - Un projet en cours de démarrage	79
A3 - Un projet en cours de finition.....	80
B – ECRITURE D'UN SCENARIO	82
B1 - Un scénario en tant que modélisation du fonctionnement d'un projet	82
B2 - Les scènes en tant que représentation du fonctionnel	84
C – PROBLEMATIQUE DE MISE EN ŒUVRE du scénario et des expérimentations	86
C1 - Réduire la taille du projet	86
C2 - Décomposer le modèle	87
C3 - Avoir une méthodologie pour assembler	91
D - EXPERIMENTATION	93
D1 - Les outils de l'expérimentation 1 (outils traditionnels)	93
D2 - Les outils de l'expérimentation 2 (outils existants IFC)	98
D3 – Synthèse des expérimentations.....	105
E – CONCLUSIONS	109
E1 – Limites et utilités du démonstrateur	109
E2 – les deux clefs du projet COMMUNIC	110
E2 - Avenir de Communic : éléments d'un modèle réutilisable.....	111
Annexe 1 : Le scénario	112
Annexe 2 : Rappel des objectifs de la scène 11	115

INTRODUCTION

Présentation du document

Décrire le processus d'expérimentation

Ce document a pour objectif de décrire les différentes étapes de l'expérimentation qui a été menée dans le cadre du programme de recherche Communic. Le temps et l'énergie qui y ont été consacrés justifient que l'on s'attarde à décrire le processus d'expérimentation.

Tirer les leçons de cette expérimentation

L'expérimentation n'a pas permis de déboucher sur une véritable maquette numérique. Ce n'était pas non plus l'objectif de l'expérimentation. Mais le fait de chercher à atteindre cet objectif à partir de données qui n'étaient pas virtuelles a permis de se poser des questions réelles, d'approfondir certains concepts, de vérifier la démarche et d'en tirer des conclusions.

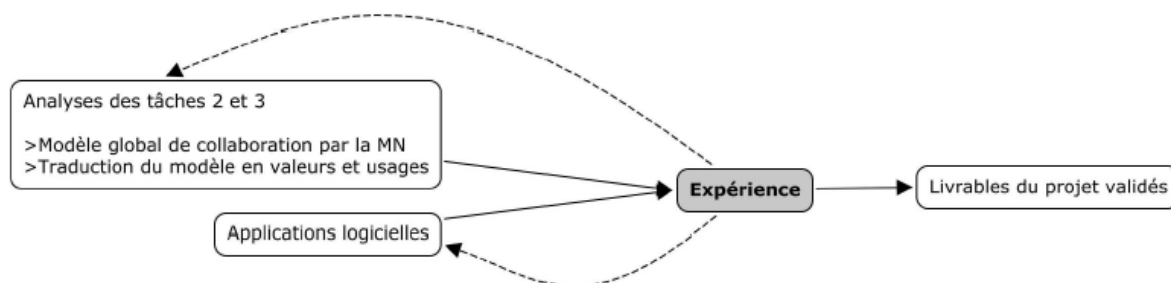
Objectifs de l'expérimentation

Les objectifs de l'expérimentation étaient doubles :

- mettre en œuvre, dans le même temps où se menait la réflexion Communic, les principes émanant de cette réflexion
- Apporter des conclusions sur la portée de ces principes.

Il s'agissait donc de mettre en œuvre les spécifications essentielles issues des tâches 2 et 3, construire, à partir de données existantes, un modèle de maquette numérique et d'évaluer la possibilité de mettre en œuvre des outils pouvant mener jusqu'à une utilisation de cette maquette numérique dans une salle immersive.

Cette expérimentation s'est donc déroulée en trois étapes : Choisir un projet, développer un scénario d'expérimentation, et jouer le scénario.



Conception initiale de l'expérimentation⁵

Sélection d'un projet

Plutôt que de recréer un projet de toute pièce, il a été choisi de partir d'un projet existant afin de se rapprocher des contraintes d'un vrai projet et reproduire les différentes étapes. Cette option devait présenter également l'avantage de pouvoir s'appuyer sur des données et une problématique existantes.

Développement d'un scénario

Une fois la problématique du projet posé, et à partir de l'analyse de la valeur ajoutée décrite dans le livrable L1, il a été développé un scénario décrivant, les acteurs, la maquette, les actions et interactions simulant la vie d'un projet.

⁵ Source : M. Viegas Pires, G. Garel, *Apprentissage organisationnel et conception des dispositifs d'expérimentation. Le cas du projet COMMUNIC*, Présentation à l'AIMS

Jouer le scénario

Une fois le scénario développé, il s'agissait de jouer les scènes envisagées, observer le déroulement et les difficultés afin de vérifier la pertinence des objectifs recherchés en termes de valeur ajoutée concernant les outils et les processus.

Les principales conclusions

Le modèle de données

L'expérimentation a permis de constater et vérifier que la modélisation des données en 3D est la base de la maquette numérique. Il est primordial que les données entrantes soient modélisées sous forme d'objets 3D.

L'un des enjeux de COMMUNIC est d'établir les bases d'un modèle pérenne.

L'interopérabilité

Le deuxième constat majeur a été de vérifier que l'interopérabilité est l'autre enjeu principal du travail collaboratif. Les outils couramment utilisés ne garantissent qu'une interopérabilité minimum, insuffisante pour construire une maquette numérique sans ressaisie et en toute confiance.

Il reste à créer des outils passerelles garantissant l'intégrité des informations à échanger entre différents acteurs de différents métiers.

Productivité

De plus, il est apparu de façon évidente, au cours de l'expérimentation que :

- l'établissement de standards d'échanges garantissant l'interopérabilité serait une source immédiate de gain de productivité.
- La pérennité du modèle d'un projet à l'autre serait le deuxième facteur décisif.

Les outils

Par ailleurs, il apparaît que les outils métiers doivent connaître une évolution significative pour permettre la mise en place d'une « plateforme collaborative d'échange » basée sur des objets 3D volumiques.

Les suites à donner

Les deux pistes majeures à recommander pour les suites à donner au projet Communic sont :

- **Promouvoir une évolution majeure des outils, aujourd'hui, inadaptés, auprès des éditeurs**
- **Promouvoir le développement de standards de format neutre garantissant l'interopérabilité des modèles de données et des outils.**

A- SELECTION D'UN PROJET

- Le projet de notre expérimentation n'a pas été sélectionné dès le début de nos réflexions: Le premier choix s'est porté sur un projet réalisé ;
- Puis il a été envisagé de faire l'expérimentation sur un projet en instance de démarrage ;
- Enfin, le choix final s'est fixé sur un projet en cours de réalisation, voire même de finalisation.

A1 - Un projet réalisé

A28

Un projet réalisé Il a été décidé dans un premier temps de mener l'expérimentation à partir du projet d'A28 dont les particularités étaient les suivantes :

- Le projet était finalisé, les données n'étaient donc pas à créer ;
- Les acteurs réels pouvaient être contactés. De plus, un certain nombre des partenaires de Communic étaient parties prenantes de ce projet ;
- L'A28 était en exploitation, donc visible.

2 remarques Il a été rapidement fait le constat, (un constat majeur pour Communic), que la pérennité des données au-delà de la réalisation du projet n'est pas assurée :

- L'absence de maquette numérique, engendre que les données sont plus ou moins bien archivées. L'absence de modèles de données structurant une maquette numérique produit l'impossibilité de réutiliser les données archivées (souvent en format neutre « mort » de type PDF).
- La vitalité des données sur un projet est directement liée aux processus en cours. En l'absence de modèle de données et de processus, les données ne sont plus manipulables et plus générables (nécessité de retrouver de nombreuses données éparses, pour reconstituer les données finales de conception).

A2 - Un projet en cours de démarrage

La Plaine du Var

Un projet à venir : la Plaine du Var Suite aux difficultés sur la récupération des données sur A28, il a été envisagé de s'appuyer sur un projet en cours de démarrage, encore en cours de consultation.

La difficulté majeure s'est portée sur l'indisponibilité d'acteurs majeurs :

- coté Maitrise d'Ouvrage, le projet étant en cours de consultation, les acteurs ne pouvaient être contactés
- coté Communic, certains acteurs auraient pu se trouver en situation de compétition.

Cette option a donc été abandonnée, d'autant que si une partie des données de base était accessible, beaucoup de données étaient à constituer et complexifieraient inutilement l'expérimentation.

A3 - Un projet en cours de finition

L'autoroute A19, en cours de finition

A19, au même titre qu'A28, est un contrat de concession/construction, incluant la conception, regroupant donc, dans une même structure : le concessionnaire, le concepteur, le constructeur et l'exploitant.

A quelques mois de la mise en service

Le projet A19, au démarrage de l'expérimentation, se trouvait à un stade très avancé, puisqu'à seulement quelques mois de la mise en service. De ce fait :

- Les données sont accessibles et disponibles.
 - Les données sont vivantes ou régénérables, puisqu'en cours d'utilisation. Elles sont encore structurées, puisqu'elles sont stockées dans une GED, dans une organisation projet. Sans être une maquette numérique, le modèle propre à la vie du projet est encore en place et permet une utilisation facile des données.
 - Certains acteurs de COMMUNIC sont des acteurs du projet sélectionné:
- A quelques mois de la mise en service, ils peuvent communiquer sur le projet sans être trop contraints par des clauses de confidentialité ;
 - Ils peuvent aider plus facilement à l'appropriation du projet.



Photo aérienne de la zone de simulation⁶

⁶ Image géoportail

appropriation du projet A19

L'appropriation du projet a pu être possible au travers des actions suivantes :

- **Visite du site** : A19 étant encore en cours de réalisation, le chantier était accessible grâce à la direction de projet. L'intérêt d'une visite à cette étape était de visualiser les différents objets à modéliser et d'appréhender la globalité de l'environnement physique d'un tel projet.
- **Interview des acteurs réels** : Cette visite a été l'occasion d'interviewer les différents acteurs de la direction de projet (concepteurs et constructeurs) et de permettre au groupe Communic de mieux cerner le contexte et l'environnement contractuel du projet.
- **Collecte des données** : Le projet n'étant pas terminé, et la direction de projet, ainsi que la direction des études étant toujours en place, la collecte des données s'est faite naturellement au travers de l'accès à la GED de conception.
- **L'ensemble des données propres à la définition géométrique du projet ont pu être transférées** :
 - Les données topographiques 3D
 - Les données cartographiques
 - Le modèle Numérique de Terrain
 - La maquette géométrique du projet (2D et 3D)
 - La maquette 3D surfacique du projet

B – ECRITURE D’UN SCENARIO

B1 - Un scénario en tant que modélisation du fonctionnement d’un projet

Pourquoi un scénario Un scénario a été imaginé pour modéliser le fonctionnement d’un projet : sont définis les phases du projet, les acteurs, et les processus majeurs.

Le détail du scénario est décrit dans les annexes.

Définir les phases

Un projet peut se composer en de nombreuses phases. Pour les besoins de l’expérimentation et pour fixer le cadre du scénario il a été convenu de se limiter aux processus des phases majeures.

- Par ailleurs, le choix des scènes obéit aux critères suivants :
 - Reproduire des situations représentatives en phase de conception
 - Reproduire des situations qui mettent en scène plusieurs types d’acteurs.
- En effet il s’agit de pouvoir vérifier l’apport de la maquette numérique dans un environnement de travail collaboratif et d’ingénierie concourante.

Phase 0 : l’APS

- Un projet commence toujours par l’appropriation de l’étude de faisabilité établie généralement par l’Etat sous forme d’un Avant Projet Sommaire (APS).
- Il était donc convenu que l’expérimentation devait commencer par la modélisation du projet au niveau APS.

Phase 1 : la conception

- A partir du projet APS modélisé, il a été défini un certain nombre de scènes (ou d’actions) représentatives de la phase de conception :
 - Etablissement des dossiers pour les études ou les procédures amont, comme le dossier de Police de l’eau ;
 - Etablissement de dossiers de consultation pour les études géotechniques ;
 - Avancement des études, comme le dossier « PRO » de l’ouvrage de rétablissement sur la RD.

Phase 2 : la réalisation

- Pour la phase de réalisation ou chantier, le scénario décrit :
- Des scènes d’études liées à la phase chantier comme l’établissement des documents pour les installations de chantier ;
 - des scènes liées à la réalisation des documents pour l’exécution ;
 - des scènes liées à la mise en œuvre ou la planification.

Phase 3 : l’exploitation

- Pour la phase exploitation, le scénario prévoit des scènes liées aux sujets suivants :
- mise au point du dossier de récolement;
 - fonctionnement de l’infrastructure, comme l’entretien courant de l’ouvrage ou comme des interventions d’urgence, non programmées.



Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

définir des acteurs

Pour l'ensemble de l'expérimentation, une liste de rôles est établie, reprenant la liste des acteurs identifiés au cours de l'analyse de la valeur.

Exemple de la scène 2

L'extrait de la fiche de la scène 2, ci-dessous permet d'illustrer comment le jeu de rôle est mis en place :

La ligne « Acteurs » est scindée en 2 colonnes : La colonne « Projet A19 » identifie les acteurs réels au moment du projet et la colonne « Communic » définit le partenaire jouant le rôle durant l'expérimentation.

L'annexe donne la fiche 2 dans son intégralité.

Fiche N° :	2	Phase de Jeu :	I	Rédacteur(s) :	Egis + CSTB
Objectif opérationnel du test pour le projet Communic :	Assembler dans la maquette les entrants du projet : APS implanté dans le site				
Partie :	<u>I / Conception</u>				
Acte (phase du projet) :	<u>I / A / Conception - Avant Projet</u>				
Scène (tâche du projet) :	I / A / 1 Préparation du projet				
Tâche :	I / A / 1 / 2 / Collecte des données existantes				
Acteurs (intervenants par entités et métiers) :	Projet A19		Communic		
	Principaux :	Socaly	Egis		
	Secondaires :	Egis	CSTB/VcF		
Liste des annexes techniques					

Exemple de la scène 2⁷

définir des enjeux

Par la liste des processus

Chaque choix de scène est fait à partir de la liste des processus identifié durant la tâche 2. Pour chaque scène et pour chaque processus, il est décidé de faire apparaître une liste d'enjeux à faire aboutir. On y définit :

- les données nécessaires en entrée ;
- les sortants attendus par la scène ;
- le traitement entre les deux.

Exemple de la scène 2

L'extrait de la fiche de la scène 2, ci-dessous permet d'illustrer comment, scène par scène, le processus est décrit dans le cadre d'une maquette numérique.

⁷ Document de travail COMMUNIC 2009

Projet Communic		
Fichiers informatiques & Données d'entrée	Evolution des données « Cheminement des fichiers » (entre métiers et outils)	Documents produits & données liées
<ul style="list-style-type: none"> - APS - DUP - Contrat de concession - Pré-Etude Aménagement foncier - Topologie/Orthophotos - Cartographie - Engagements de l'état - Données géotechniques de l'APS 	<ul style="list-style-type: none"> - Traitement et Import de l'ensemble des données de base dans la maquette (hors conception) <div style="background-color: green; color: white; text-align: center; padding: 2px;">Outils utilisés</div> <ul style="list-style-type: none"> - EveGIS ? - Modeleur ? Sketchup, LandXML - outil gestion des données (SGDT) ou outil de gestion de codes sources SVN - outil de workflow Project-Wise8i <div style="background-color: green; color: white; text-align: center; padding: 2px;">Validations informatiques utilisées</div> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle par Egis par accès à la maquette - Pas de contrôle automatique 	<p>Visualisation possible des données sur la maquette et/ou liens vers supports (fonctions types GED).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Visualisation de l'APS et des objets en clash avec lui - Carte montrant les enjeux stratégiques et les objets - Remblais/Déblais - Zones à risques environnementaux - Visualisation des lots et des ouvrages - Organigramme d'utilisation

Exemple de la scène 2⁸

Nous sommes dans le processus de collecte des données :

- dans la colonne de gauche sont listées les données à acquérir ;
- Dans la colonne centrale, on définit l'action et son déroulement ;
- Dans la colonne de droite, sont décrits les résultats attendus ou les actions résultantes.

B2 - Les scènes en tant que représentation du fonctionnel

A l'intérieur des scènes du scénario est modélisée la description fonctionnelle du livrable 1 des processus, des validations, etc...

Modélisation des processus

On retrouve dans la fiche descriptive de la scène à jouer, une modélisation du processus, telle qu'elle avait été décrite dans la tâche 2 et dans le livrable 1. L'expérimentation apporte l'obligation de passer de la description abstraite au démonstrateur censé représenter le réel projeté.

Modélisation de l'information

La modélisation du processus amène également la nécessité de traiter la modélisation du parcours de la donnée ou de l'information pendant son traitement ou son exploitation.

Par exemple la description des validations faite dans le livrable L1 est intégrée dans l'action jouée dans la scène, en tentant d'attacher le résultat aux attributs qui caractérisent l'objet.

⁸ Document de travail COMMUNIC 2009

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

<i>Processus</i>	<i>« Ouvrages fonctionnels » (ou « objets ») concernés</i>	<i>Informations attendues de la maquette</i>	<i>Fonctionnalités attendues de la maquette</i>
Choix de l'implantation et demandes d'autorisation	<ul style="list-style-type: none"> • N1 – Surface • N1 – A19 • N1 – Installations de chantier • N1 – Réseau existant • N1 – Réseau EDF 	<ul style="list-style-type: none"> • Limites d'emprise disponible • Territoires des communes • Cadastre et propriétaires fonciers • Implantation et caractéristiques des réseaux d'eau et d'électricité existants • Réseau routier existant 	<ul style="list-style-type: none"> • Donner, pour une zone surfacique déterminée, les noms des communes et des propriétaires fonciers concernés. • Vérifier les interférences entre une zone surfacique donnée et les ouvrages fonctionnels du projet (terrassements ou chaussées à construire) • Evaluer la facilité d'accès au réseau routier existant : distance et gabarit. • Evaluer les possibilités de raccordements aux réseaux existants : distance et débits.
Définition des besoins (surfaces, équipements, nombre et types d'engins de chantier)	<ul style="list-style-type: none"> • N1 – Installations de chantier • N1 – A19 	<ul style="list-style-type: none"> • Volumes de terrassements du projet (et parc d'engins nécessaire déduit en corrélation avec le planning) • Quantités d'équipements à stocker (banches, équipages etc) • Planning de réalisation (terrassements et ouvrages d'art) 	<ul style="list-style-type: none"> • Donner, en fonction du planning, l'évolution des besoins (surfaces, équipements, nombre d'engins) sur la durée du chantier. On peut envisager une méthode de gestion 4D « à la Synchro » : 1 ouvrage fonctionnel = 1 tâche du planning = 1 liste de besoins définis. A chaque instant t, on a un total de besoins en fonction des différentes tâches simultanées.
Raccordements aux réseaux existants	<ul style="list-style-type: none"> • N2 – Réseaux des installations de chantier • N1 – Réseau existant • N1 – Réseau EDF 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantation et caractéristiques des réseaux d'eau et d'électricité existants 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluer les longueurs et les caractéristiques des tuyaux/câbles à mettre en œuvre pour réaliser les

Ex-

traits du scénario pour les scènes 36 & 37 « Installations de chantier »

Dans ce tableau représentant les scènes 36 & 37, sont listés, par processus, les objets impactés en liaison avec leur niveau.

Pour chaque objet il a été établi une liste d'attributs le décrivant, en correspondance avec les « informations attendues de la maquette ».

C – PROBLEMATIQUE DE MISE EN ŒUVRE du scénario et des expérimentations

C1 - Réduire la taille du projet

Ramener le projet à une taille expérimentale

Un ouvrage Une fois le projet choisi, une partie du travail effectué dans le scénario a été de limiter la taille du projet à expérimenter. Il n'était pas utile de conserver le projet A19 dans son intégralité, plus de 100 km, avec l'ensemble de ses ouvrages (un ouvrage d'art ou hydraulique tous les 500 m) pour pouvoir mettre en scène une maquette numérique dans un environnement de projet. Cette diminution du champ d'expérimentation ne remet pas en cause les processus à valider.

Au cours de la mise au point du scénario, le projet est donc ramené à un ouvrage simple, tel qu'un ouvrage de rétablissement auquel sont associés d'autres ouvrages simples, en se basant sur les données réelles du projet existants.



Sur le site réduit de l'ouvrage, les ouvrages à prendre en compte sont donc le rétablissement d'une RD, incluant la voirie, les réseaux et l'ouvrage d'art, une section de la plateforme autoroutière avec son assainissement et un bassin de traitement, une installation de chantier et des accès de service.

C2 - Décomposer le modèle

Modéliser le projet

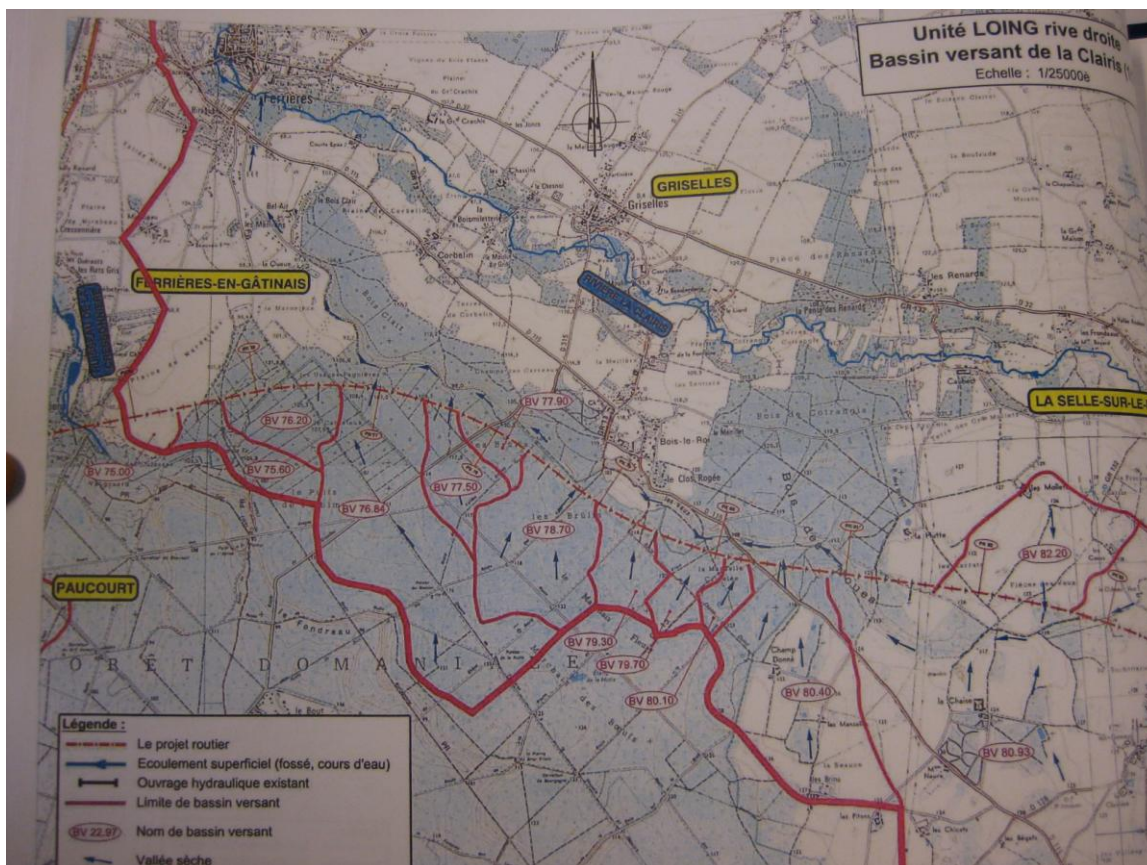
Les premières scènes sont primordiales

Les premières scènes sont primordiales pour continuer à jouer les scènes suivantes. En effet, il s'agit tout d'abord d'assembler le modèle 3D: c'est donc à partir de la complétude des premières scènes qu'il va être possible de valider la faisabilité et la cohérence du modèle de données suivant le découpage attendu du projet en objets.

En l'occurrence il s'agit de vérifier que les principes de découpage d'un projet en niveaux et en objets sont réalisables sur un cas réel d'infrastructure autoroutière à partir de la collecte des données d'entrée du projet autoroutier de l'A19.

Ces données d'entrée à découper en objets et à intégrer dans la maquette sont :

- DUP (Déclaration d'Utilité Publique),
- Contrat de concession,
- Engagement de l'État,
- Pré-étude d'aménagement foncier,
- APS (Avant Projet Sommaire),
- Levé topographique,
- Données IGN (cartographie, ortho photographies),
- Données de l'Avant Projet Sommaire.



Données hydraulique de l'APS

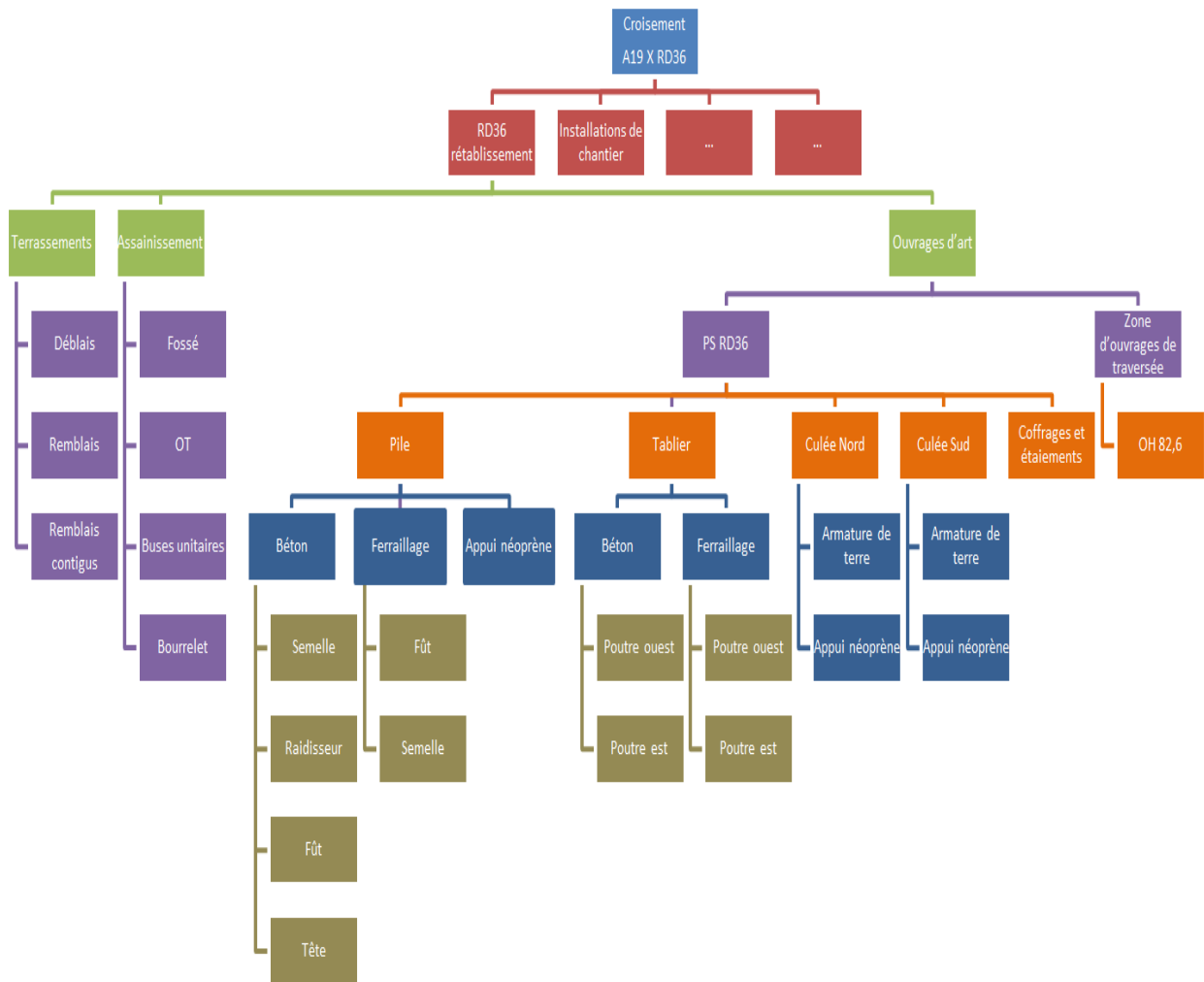
L'exemple ci-dessus montre les limites de l'exercice, puisque toutes les données entrantes ne sont pas en format numérique (format papier) ou dans un format numérique exploitable : a priori, le format PDF ne permet pas de recréer une base de données géographiques.

Structurer en niveaux d'objets

Pour définir la liste des objets en lien avec cet ouvrage

A partir des données récupérées sur des formats divers, le travail de la scène 1 va consister à lister, repérer les objets qui seront traités durant l'expérimentation et identifier leurs relations.

Le premier travail est donc d'isoler les objets et de passer d'une liste (voir scène 36 & 37) à une représentation sous forme de graphe (voir ci-dessous).

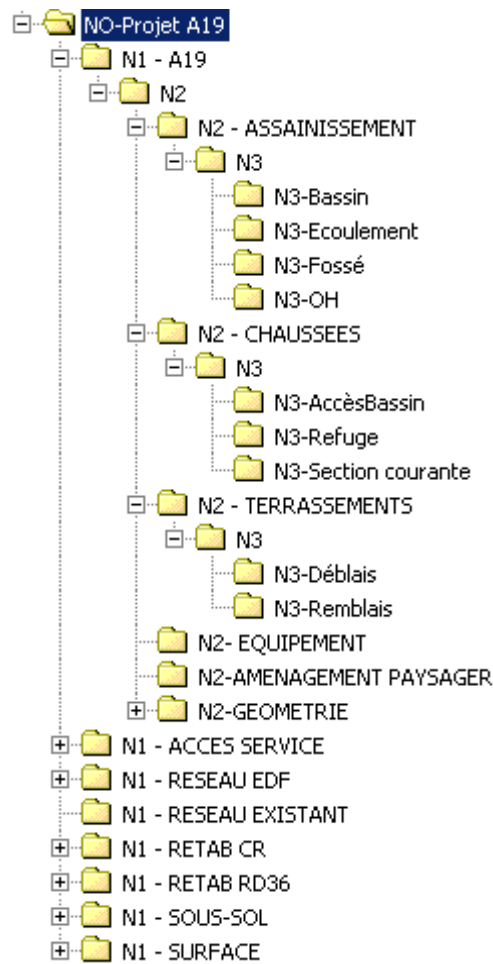


Pour Organiser par niveau

Une fois chaque objet isolé, il faut repérer sa place et sa hiérarchie dans l'organisation par niveau, en y attachant la panoplie attributaire correspondante.

Le graphe ci-dessous, représente l'organisation par niveau des objets cités précédemment.

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo



Naviguer dans les objets en 3D

Pour Représenter par niveau en 3D

Le projet APS, tel qu'il est archivé, est représentable en 3D sous la forme d'un modèle numérique surfacique. Le projet est intégré en 3D au terrain naturel, par intersections entre les surfaces triangulées du projet et les surfaces triangulées du terrain naturel.

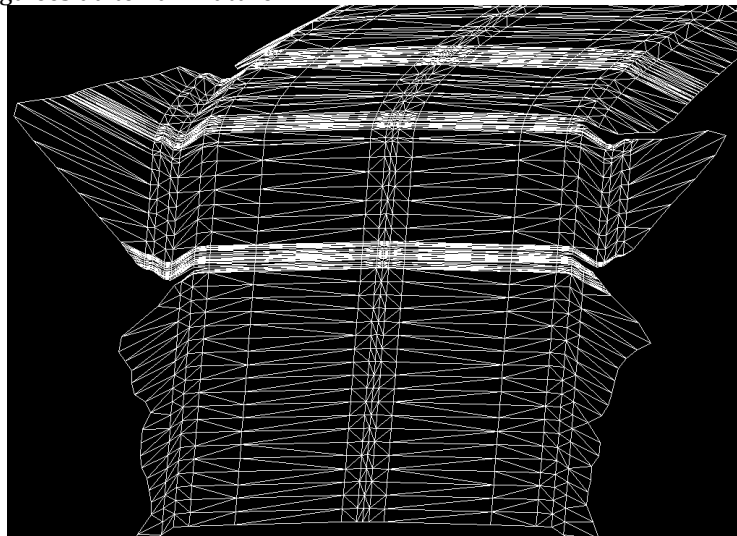
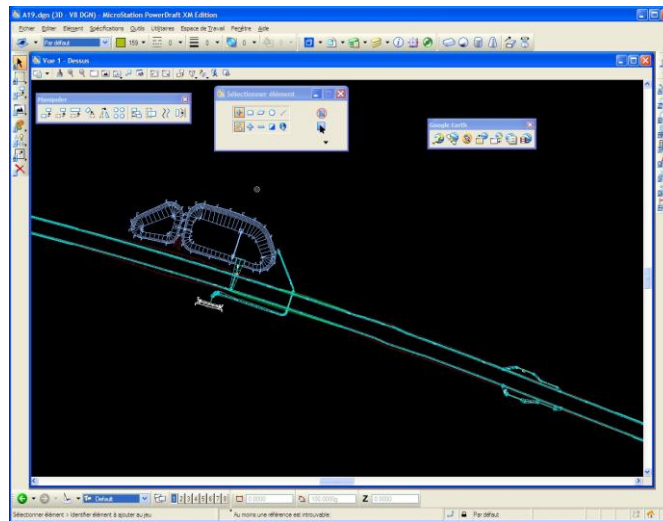


Plate forme APS sur Microstation : représentation traditionnelle

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

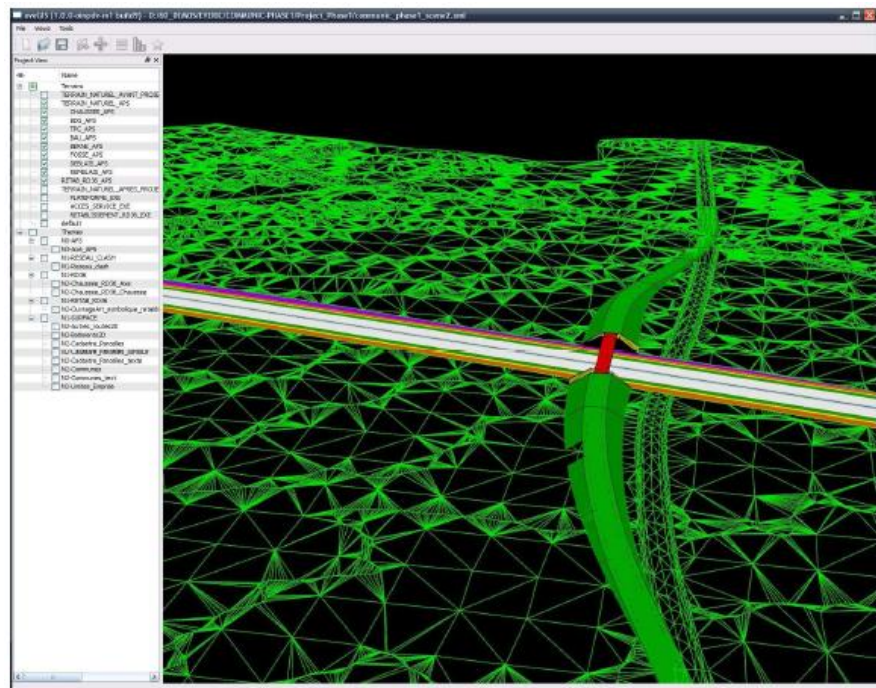


Représentation traditionnelle d'un bassin

La problématique de la maquette numérique est d'isoler chaque objet défini dans le modèle avec ses attributs, en objets 3D volumiques identifiables :

- chaque objet doit être vu sous forme de volume, intégré au projet ;
- chaque objet peut avoir une représentation particulière par niveau (amélioration itérative du niveau de définition et de détail).

Dans l'exemple ci-dessous, la représentation semble assez similaire à la vue précédente. Cependant la fenêtre de gauche montre que d'une vue par couche, telle qu'on l'utilise dans les outils de base, on est passé à une représentation par objet. Il est possible de ne visualiser qu'un seul objet pouvant appartenir à une couche.



C3 - Avoir une méthodologie pour assembler

Constat sur les données de base

La difficulté à jouer les premières scènes, à mettre en place le modèle tel que décrit précédemment, a conduit à faire un point d'arrêt en cours d'expérimentation et à établir un premier constat :

Il faut contourner les obstacles suivants :

- Même réduite, il faut faire face à une trop grande massivité de données ;
- Les données de départ contenaient trop peu d'informations permettant de constituer le modèle recherché ;
- Les outils utilisés n'étaient pas adaptés pour générer la maquette numérique envisagée.

Massivité Malgré la réduction de la taille du projet, la massivité des données à prendre en compte restait trop importante par rapport à la mise en œuvre du modèle recherché : par exemple, le MNT et la plateforme autoroutière engendraient à eux seuls une masse de données trop importante pour permettre l'expérimentation, vu les traitements à apporter et les manipulations à réaliser.

Pas de modèle cohérent pré-existant L'organisation des données dans un projet réel actuel est très éloignée d'une organisation d'un modèle par objet. La forme actuelle de stockage des données est principalement graphique, vectorielle et quelque fois surfacique. Il n'y a pas d'identifiant unique des objets, et la structure de la base de données n'est pas accessible.

Le modèle de données est donc à bâtir de toutes pièces.

Inconsistance des outils actuels par rapport aux objectifs COMMUNIC La forme de stockage des données est liée aux outils actuels. Aux difficultés liées à l'organisation des données s'ajoute la très faible interopérabilité des outils.

Le format DWG est finalement peu efficace dans le traitement du 3D surfacique, et pour la transmission des informations à forte valeur sémantique.

Mise au point d'une méthodologie pour la réalisation de l'expérimentation

Les conclusions pratiques de ce constat étaient les suivantes : les scènes de démarrage avaient permis de répondre à chacun des points, de façon isolée. L'expérimentation butait sur la possibilité de rassembler tous les éléments dans un lieu unique permettant de simuler une revue de projet.

Une méthodologie était à mettre au point pour avancer dans l'expérimentation en :

- Hiérarchisant les scènes à jouer ;
- Trouver une méthode pour assembler dans un objet informatique tous les critères répondant aux spécifications de Communic.

Une double approche est rendue nécessaire :

- utiliser les données existantes et les outils traditionnels afin de les pousser à leurs limites. Ce qui veut dire : adapter les outils disponibles pour permettre l'assemblage ;
- utiliser les nouvelles générations d'outils pour mesurer les écarts avec la démarche COMMUNIC: ce qui veut dire construire un modèle sans s'encombrer des données de départ.



Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

hiérarchiser les scènes

A partir des difficultés rencontrées dans ces premières scènes, le scénario est maintenant décomposé en trois étapes telles que décrites dans l'annexe 1. Il s'agit de hiérarchiser l'ordre des scènes à jouer afin, non plus de jouer la vie du projet mais de traiter en priorité les scènes primordiales pour les conclusions à tirer.

- A l'étape 1, il y a les scènes constitutives de la maquette numérique ;
- A l'étape 2, il y a les scènes destinées à vérifier les avantages en termes de communication avec acteurs extérieurs, ou avec les acteurs post conception ;
- A l'étape 3, il y a les scènes que l'on pense jouer si le délai le permet.

assembler les objets

- Dans la première partie de l'expérimentation, le travail a consisté à identifier, dans la base des données existantes de type Geomacao et Microstation, les éléments graphiques permettant de générer un objet simple 3D.
- Il s'agit maintenant, au cours de l'étape 1, d'arriver à associer cet objet simple aux attributs, aux liens et métadonnées.
- Deux voies s'offrent à l'expérimentation, en utilisant :
 - **Les outils traditionnels** en exploitant directement les données du projet ;
 - **Les outils manipulant des objets IFC**, en recréant les données à partir d'un modèle IFC.



D - EXPERIMENTATION

D1 - Les outils de l'expérimentation 1 (outils traditionnels)

les outils utilisés

- GEOMACAO (.dgn)
- MICROSTATION (.dgn)
- EXCEL (.xls)
- ProjectWISE
- SKETCHUP (.skp)
- EVEGIS

Le schéma ci-dessous représente la cartographie des outils utilisés pour l'expérimentation 1.

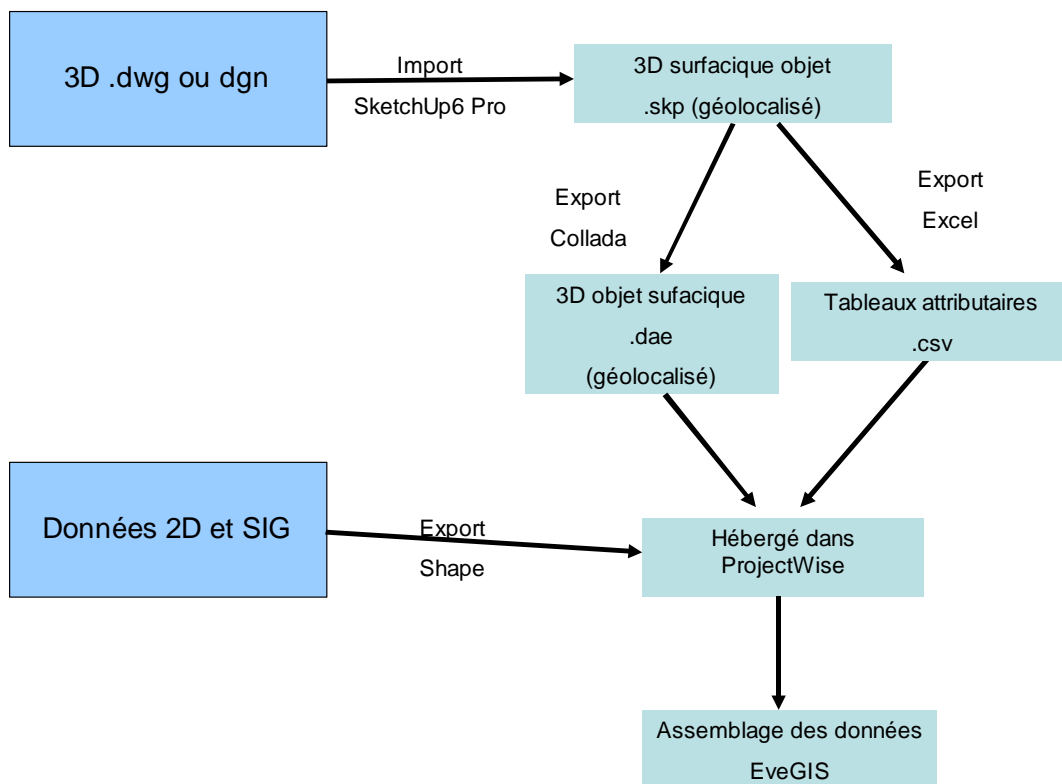
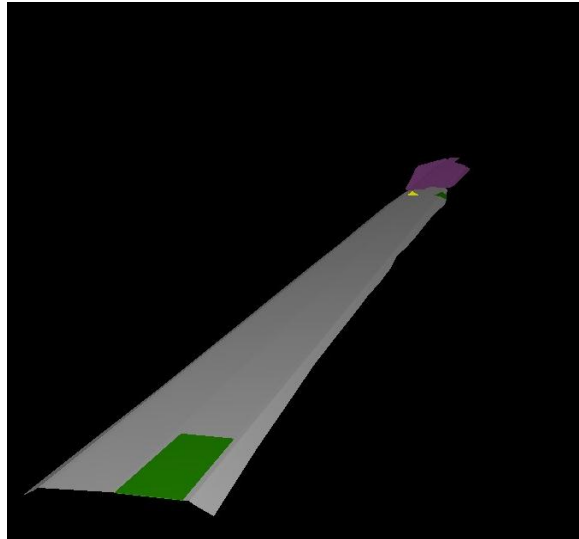


Schéma fonctionnel d'intégration des données dans la maquette⁹

Geomacao L'ensemble des objets que l'on veut extraire de GEOMACAO a été transformé en objets volumiques. Il s'agit donc d'un pur objet graphique 3D, sans aucun autre attribut que son nom qui porte toute la sémantique.

Ci-dessous un objet remblai et un objet déblai :

⁹ J-B. Valette : Document de travail COMMUNIC 2009



Ces objets pourront être convertis via MICROSTATION au format SKP.

EXCEL Pour chacun de ces objets, il est créé un fichier excel dans lequel sont stockés les attributs définissant les objets :

GEOMETRIE - N2	
date_effectivite (production)	01/06/2009
COMMENTAIRE ASSOC	LEVE SIMPLIFIE
GEO_COORDONNEES	LAMBERT3
ECHELLE:PRECISION	1/5000
ID	1
Position	X;Y;Z
Axe	Oui/Non
Nom_Axe	
pk_début	
cordonnées_début	X;Y;Z
direction	
longueur	
pk_fin	
cordonnées_fin	

Table d'attributs « GEOMETRIE »

Outre la table « Géométrie », on trouve également les tables « Identifiant », « Planning », « Coût », « Clash », ainsi qu'une table « métier » portant les attributs propres.

ProjectWise comme assembleur d'objets par niveau

L'idée est d'utiliser l'outil ProjectWise, en considérant qu'un dossier PW est équivalent à un objet. L'objet est donc composé de :

- L'objet graphique 3D issu de MICROSTATION, géré normalement par PW qui lui joint les attributs du Workflow.
- Le fichier EXCEL qui contient les tables attributaires. Celui-ci porte le même nom que l'objet graphique dans le dossier PW.

Les niveaux sont traités en arborescence, permettant par la même la gestion des droits d'accès par niveau, utilisant le principe d'« un modelview definition ». Les différents répertoires d'objets de même niveau N sont regroupés dans un répertoire N.

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

Nous avons donc obtenu une arborescence de ce type :

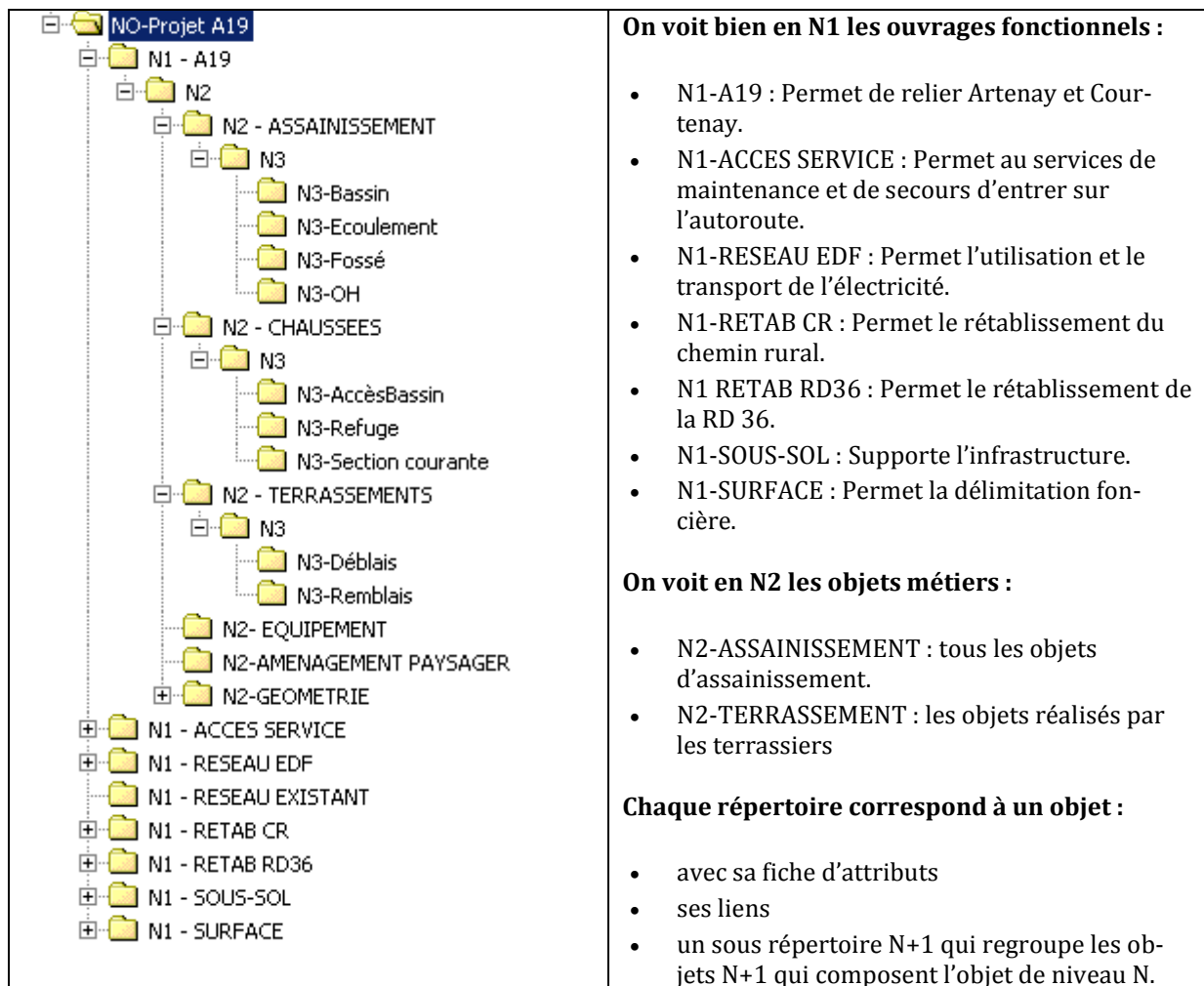


Figure 15 : Arborescence du projet sous ProjectWise

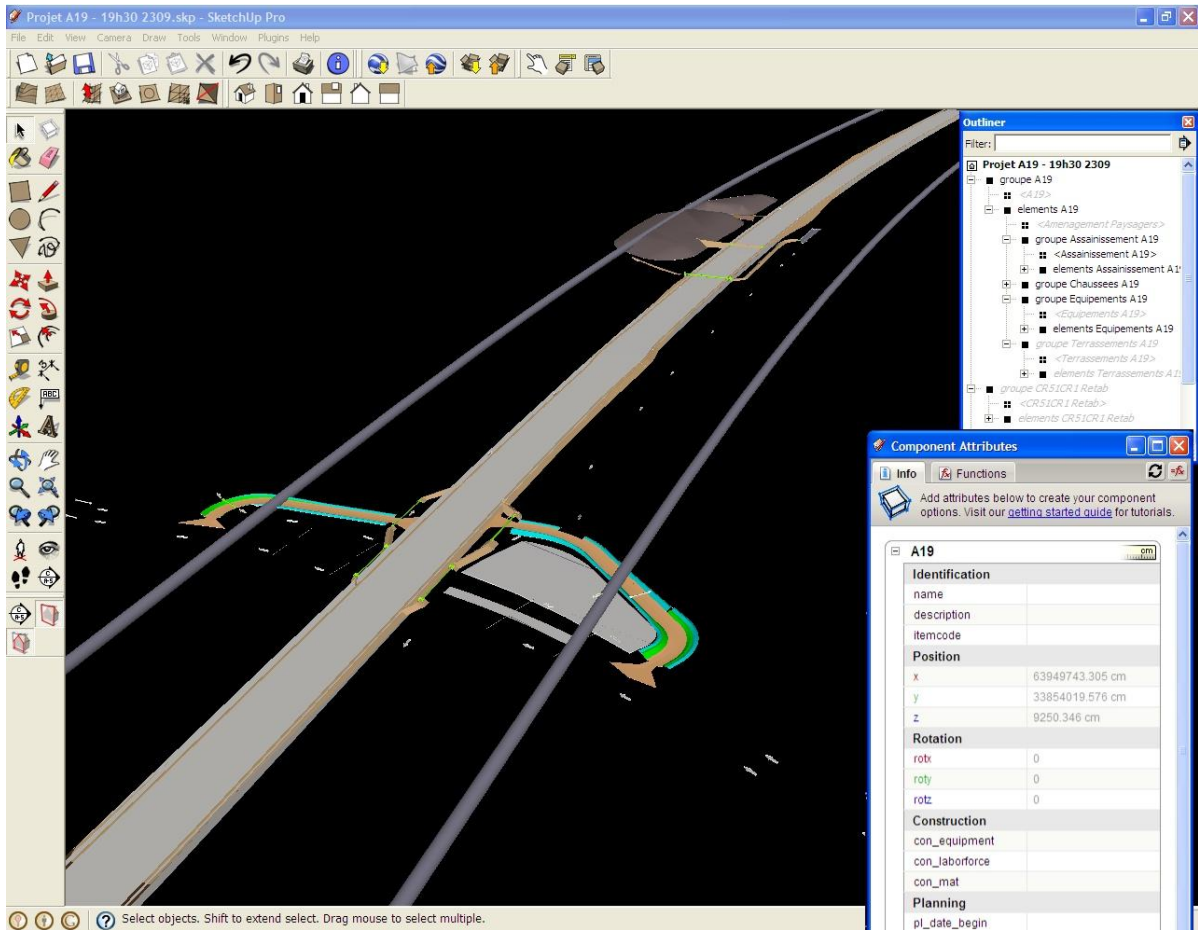
SKETCHUP Dans le projet COMMUNIC, nous utilisons SketchUp 7 Pro en tant que modelleur 3D, avec le plugin SuRic (développement spécifique du CSTB) pour l'assemblage des données.

Il permet :

- de transformer les objets filaires ou surfaciques en objets volumiques ;
- d'assembler les données provenant de :
 - GeoMacao
 - Revit Architecture
 - AutoCAD
- de réaliser la formalisation attributaire définie pour la tâche 4 du projet Communic ;
- de permettre des opérations booléennes (détection des interférences)
- de générer un fichier de structuration/mise à jour de l'arborescence...

Développé par Google, SketchUp logiciel ouvert, simple d'utilisation, il permet de répondre facilement à un besoin de l'expérimentation : créer, modifier et partager des modèles 3D orientés objets.

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo



EveGIS

Les problèmes rencontrés lors de l'intégration des données notamment au niveau interopérabilité nous ont amené à faire évoluer la chaîne d'intégration ainsi que le logiciel EveGIS du CSTB.

**Ajouter des
fonctions aux outils**

**DEVELOPPER LA
MULTI-
OPERABILITE**

Définir la multi-opérabilité à partir d'une chaîne d'outils :

GEOMACAO – SKETCHUP – EVE

GEOMACAO – PW – SKETCHUP – EVE

■ **INTERFACE PW – SuRIC**

SuRic désigne le logiciel SketchUp adossé d'un plugin adapté au projet COMMUNIC.

En effet, SketchUp, avec son kit de développement source libre, permet un développement de logiciels en fonction de besoins particuliers.

SuRic peut gérer les attributs sauf ceux de workflow. La fonction de gestionnaire de workflow est remplie par ProjectWise. Une passerelle d'échange a été construite pour faire fonctionner les deux logiciels ensemble. Cette passerelle est à double sens. Une fois le « fichier mère » proprement construit, SuRic exportera :

- un fichier XML global, qui va permettre la reconstruction de l'arborescence dans ProjectWise ;
- un fichier .skp par objet, qui contient la géométrie de l'objet ;
- un fichier XML d'attributs par objet, qui contient les informations liées aux objets.

ProjectWise héberge cette base de données avec une arborescence identique à celle de SuRic et gère les attributs de workflow. Ces attributs vont changer au cours des jeux de scène à travers l'interface de ProjectWise.

Un plugin a été développé pour ProjectWise afin que le contenu des fichiers XML des attributs change avec la mise à jour des attributs de workflow au sein de ProjectWise.

Dans l'autre sens, les données hébergées dans ProjectWise peuvent être importées dans SuRic. Si les attributs ont été changés dans ProjectWise, le modèle dans SuRic sera également mis à jour.

■ **EVEric**

EveRic est une adaptation de plate-forme eveGIS (Environnements Virtuels Enrichis-GIS) pour le projet COMMUNIC proposé par le CSTB. C'est une plate-forme expérimentale/prototype pour développer et utiliser des maquettes numériques dans les projets de construction.

Dans notre projet, eveRic est utilisé comme un viewer de la maquette numérique. Il permet de visualiser des données assemblées sur le terrain naturel avec orthophotographie drapée, d'afficher l'arborescence du projet en niveaux et de consulter les attributs.



D2 - Les outils de l'expérimentation 2 (outils existants IFC)

Les approximations liées aux outils traditionnels ont amené à isoler une scène, et à doubler l'expérimentation de la scène 11 en partant, non pas des données issues du projet mais d'une modélisation purement objets au format IFC.

Les outils utilisés

- Revit Architecture 2010 (Autodesk)
- Archicad 13 (Graphisoft)
- DWF viewer (Autodesk)
- Bloc note (Windows)
- Solibri v5 (Solibri Inc.)
- EveBIM (CSTB)
- Navisworks 2010 (Autodesk)
- Synchro (Synchro)

Création du modèle

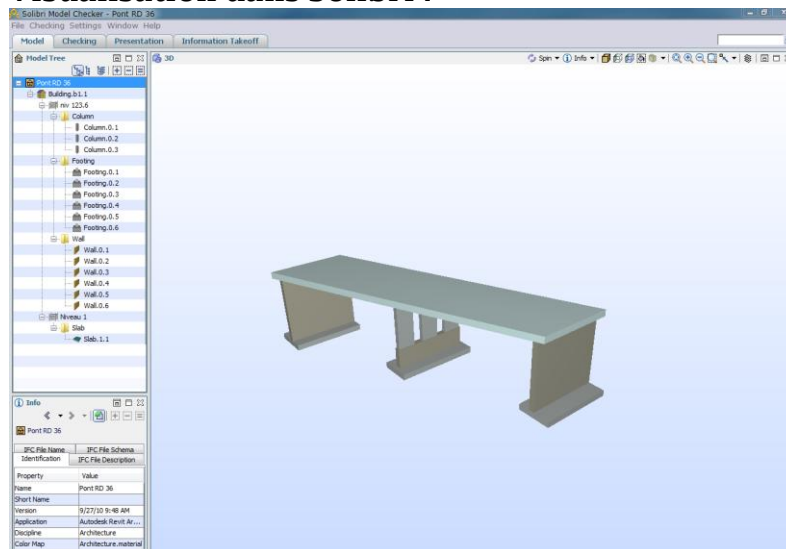
Afin de générer le « Pont RD 36 » en format numérique, nous utilisons Revit Architecture 2010. Certains objets IFC ont été générés «manuellement» avec le bloc-note de Windows, puis ils ont été importés dans Revit.

Import des IFC dans Revit

Nous avons utilisé 2 fichiers IFC (Pont RD36 et Sample-BYTP-COMMUNIC-T4) qui se sont comportés différemment après leur import dans Revit. Dans les 2 cas, les objets IFC importés n'ont pas été reconnus par Revit comme des objets Revit, et n'ont donc pas pu être exploités comme tels.

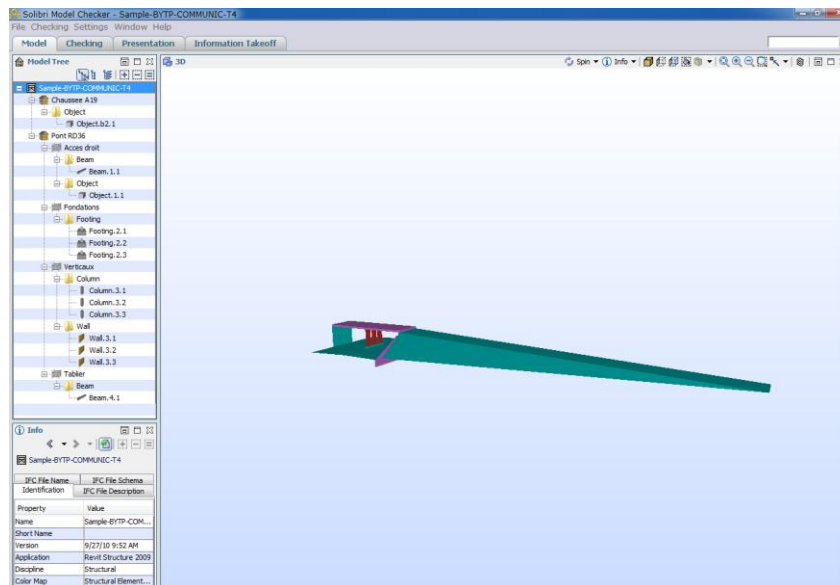
- **Fichier « Pont RD 36 :** Généré manuellement à partir de nos connaissances IFC (Le fichier IFC d'origine ne contient pas les rampes).

Visualisation dans Solibri :



- **Fichier « Sample-BYTP-COMMUNIC-T4 » :** Généré avec Revit Archi 2009, à partir d'objets simples Revit. Nous avons généré alors un fichier IFC, que nous avons ensuite ré-importé dans Revit 2010. L'import récupère proprement le pont et la rampe, mais la chaussée est décalée (objets non alignés en altitude).

Visualisation dans Solibri :



Création d'objets Revit

On utilise le fichier IFC le plus riche : Sample-BYTP-COMMUNIC-T4 pour reconstruire le modèle, afin que les objets deviennent des objets Revit manipulables.

■ Visualisation :

Dans Revit, les vues par défaut sont au 1:100 ce qui rend l'affichage vide, car les objets sont conçus en unité métrique.

Il faut passer à l'échelle 1:500 pour que les objets soient enfin visibles.

■ Alignements des murs de soutènement avec les culées

Les murs de soutènement des talus ne sont pas alignés en altitude avec le niveau des culées verticales. Un déplacement manuel est nécessaire pour faire correspondre les altitudes.

■ Duplications symétriques du mur de soutènement

Le mur de soutènement du talus est dupliqué pour générer son symétrique de l'autre côté du pont.

• Ajout des fondations

Les objets IFC importés ne sont que des représentations géométriques, et non pas des objets avec des caractéristiques mécaniques (des « types »). Par exemple l'Objet « Ossature 99306 » était censé être un mur. Il n'est donc pas possible de lui ajouter des fondations. Il faut donc recréer avec les fonctions natives de Revit, les formes des éléments (voiles verticaux, murs de soutènement des talus) pour en faire des « murs Revit ». On peut alors créer des fondations à ces murs.

■ Remplacement du tablier

Le tablier étant une extrusion (comme les murs), il n'est pas possible de le modifier dans Revit. Il est donc remplacé par une poutre en béton ayant les mêmes caractéristiques dimensionnelles.

■ Alignement de la rampe avec le tablier

La rampe d'accès est alignée avec le tablier :

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

■ Duplication symétrique de la rampe et des murs de soutènement

La forme de la rampe importée depuis l'IFC ne peut pas être modifiée. Celle-ci est donc reconstruite avec Revit à partir d'un objet « plancher » déformé par ses élévations.

Une copie symétrique de la rampe et des murs de soutènement créés à l'étape précédente, à partir de la vue d'élévation « Tablier », est effectuée de l'autre côté du pont.

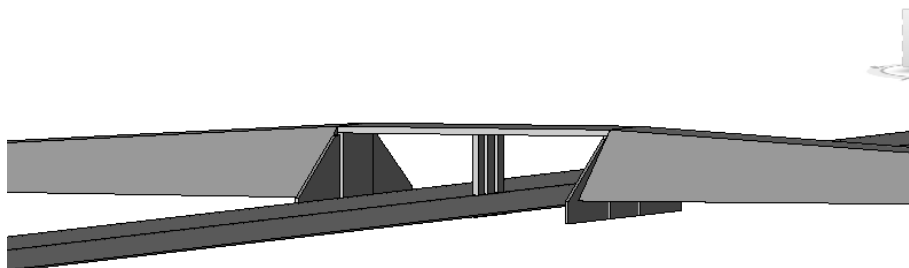


■ Création du niveau de l'autoroute

Le niveau de la chaussée n'existe pas → création à 125.600m (+2m) par rapport au niveau bas des voiles Verticaux.

■ Création de l'autoroute

Ajout de la chaussée (2000m de long) à partir d'un objet Revit « plancher » et masquage de la chape préalablement importé du fichier IFC car redondant avec la route :



Avec une chaussée en toit, de pente de 0.310m sur 12.4m.

Largeur de ½ section de la route : 12m, d'une épaisseur de l'ordre de 60cm (multicouche).

L'objet « plancher » représentant la route possède des propriétés de couches modifiées pour représenter une route (chape, ballast...).

■ Création de la rigole

Ajout d'une rigole de 60 cm de coté par déformation d'un « plancher ».

■ Création de la canalisation

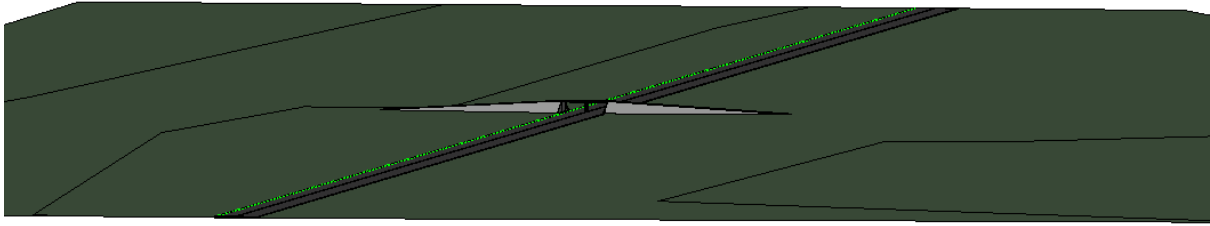
Ajout d'une canalisation de 50cm de diamètre par ajout de centaines de tuyaux de 2,4 m de longueur, enterrés dans le terrain.

■ Surface topographique

Construction d'une surface topographique non plane autour de l'ouvrage.

Autour de la route et du pont : 125.6 (niveau route 125.6 – dénivelé 0.31) puis découpe de la surface autour de la chaussée.

La raison à cette méthode de travail est que le fichier IFC ne comportait que des extrusions représentant la géométrie et non pas des éléments ayant une « intelligence » compréhensible par Revit.



■ Résultat

Finalement, il ne reste **absolument rien** des objets importés depuis le fichier IFC d'origine ; tous les éléments ont été masqués ou remplacés par des objets Revit ayant des propriétés avancées. Les éléments importés à l'origine ont servi de « fond de plan » pour créer le modèle Revit.

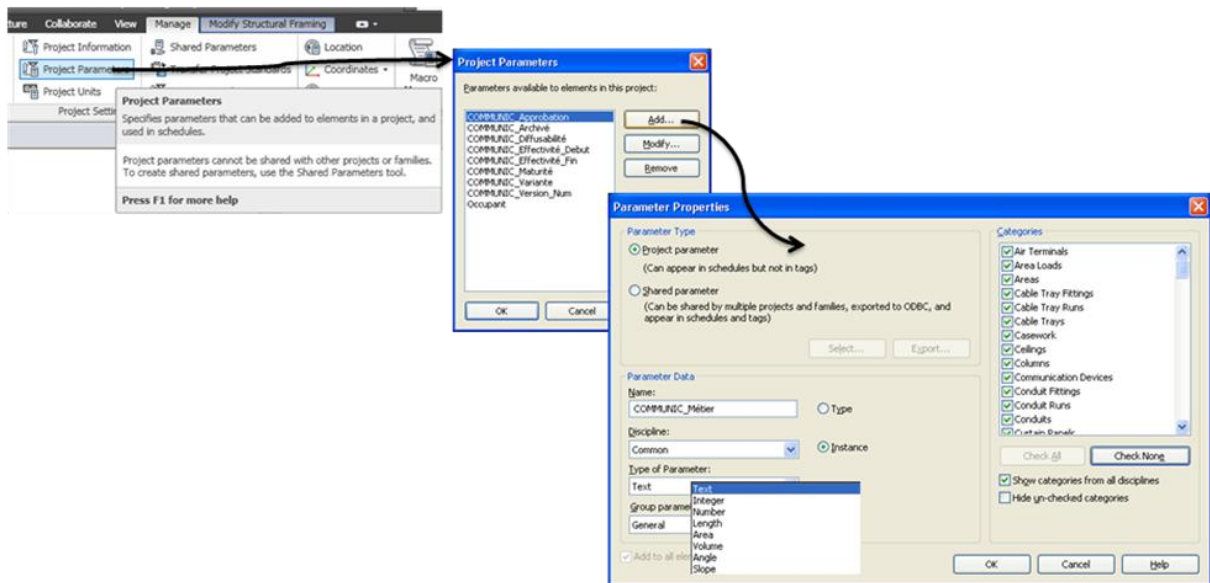
Ajout de paramètres **COMMUNIC**

Le but est d'ajouter des attributs aux objets Revit pour compléter les caractéristiques nécessaires à notre scénario (Version, variante, effectivité...).

Différentes approches testées : attributs du projet, type d'objet Revit

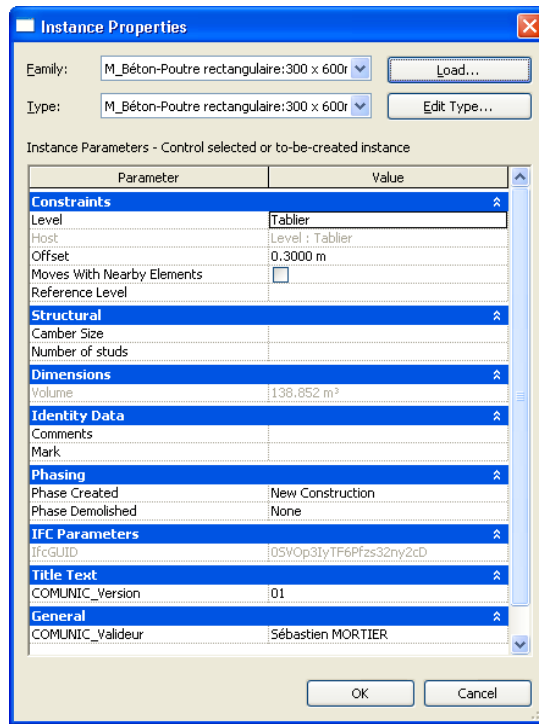
■ Via les Attributs du projet :

Tel que décrit ci-dessous.



■ Via le type d'objet Revit:

- Edition de la famille du tablier
- Ajout de paramètres personnalisés
- Ajout des informations Communic :



Création du fichier IFC

Une fois le modèle finalisé, celui-ci est exporté en fichier IFC.

Etonnamment, depuis une version Revit 2010, les paramètres personnalisés « IFC Parameters » ne sont pas exportés lorsqu'ils sont créés dans la rubrique IFC ; Il faut utiliser les autres rubriques de paramètres : le Property Set « Pset_Revit_XX » est alors exporté.

Utilisation du modèle

Navigation géométrique

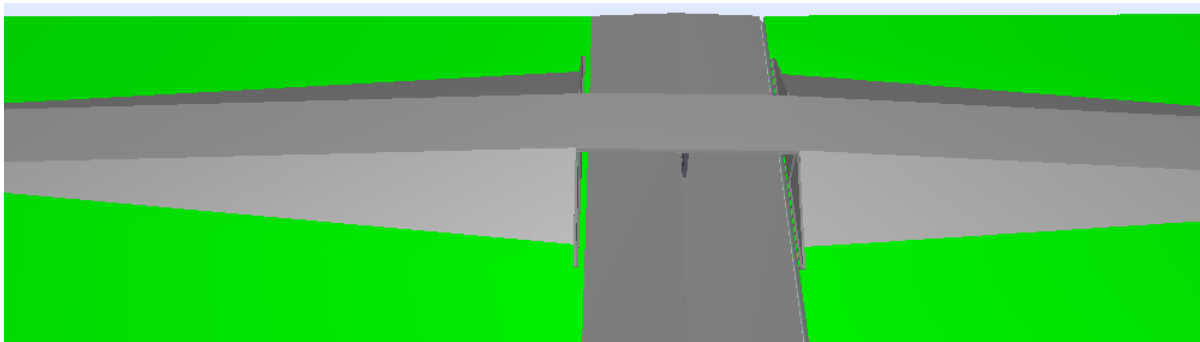
Différents logiciels ont été utilisés pour visualiser le fichier IFC généré par Revit avec des rendus plus ou moins réussis :

- **Archicad**

Un décalage de la route est visible.

- **. Solibri Model Checker**

La visualisation est complète. On retrouve tous les éléments créés dans Revit.



Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

Valeurs gérées par Solibri :

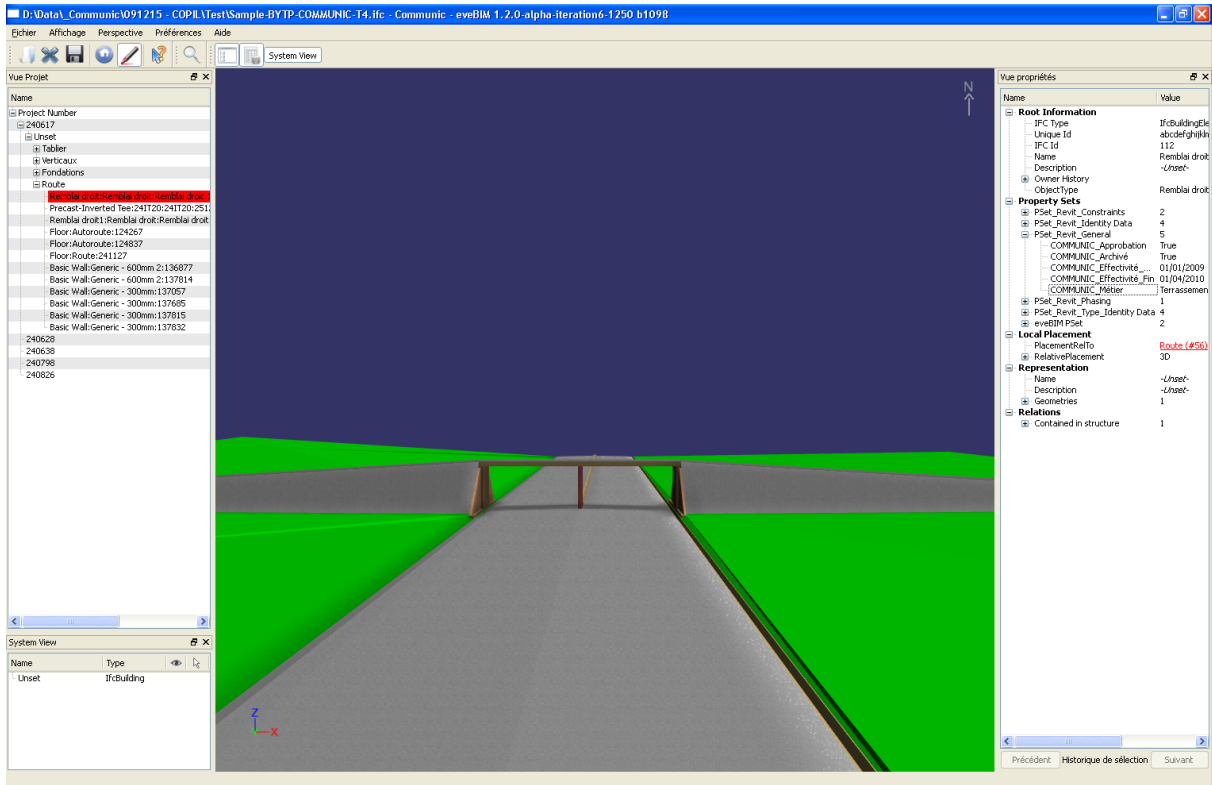
PSet_Revit_Dimensions	PSet_Revit_Phasing		
Relations	PSet_Revit_Constraints		
Identification	Location	Quantities	Profile
PSet_Revit_Type_Identity Data			

Modification des informations COMMUNIC en Identity Data

■ DWF Viewer

Rendu géométrique assez satisfaisant, mais pas de visualisation des objets.

■ eveBIM



Rendu géométrique assez satisfaisant, avec visualisation complète des objets sous forme hiérarchique.

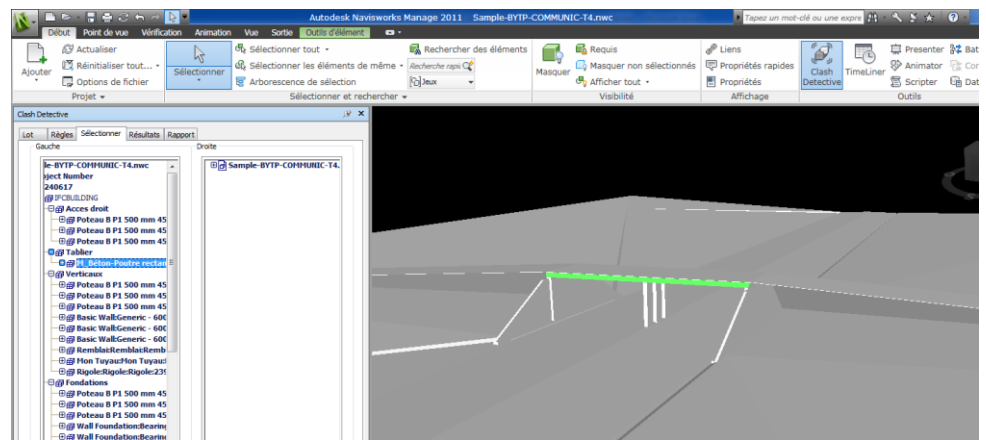
■ Navisworks 2009 (Autodesk)

La surface topographique s'est détachée du modèle : appelée à l'altitude 0 (pas de possibilité de recalage en Z).

Visualisation complète des objets sous forme hiérarchique.

**Navigation au sein
des objets et de leur
arborescence**

■ **Navisworks**



Bonne navigation au sein des objets

■ **Solibri Model Checker**

Bonne navigation au sein des objets

■ **Solibri Model Checker**

La détection de collision fonctionne correctement

**Détection de
collisions**

**Comparaison de
planning**

■ **Synchro**

Comparaison chrono-graphique de 2 alternatives de construction du pont :

- en 2 levées
- en 1 seule levée

Conclusion : bon rendu du déroulement de l'exécution.

■ **Navisworks**

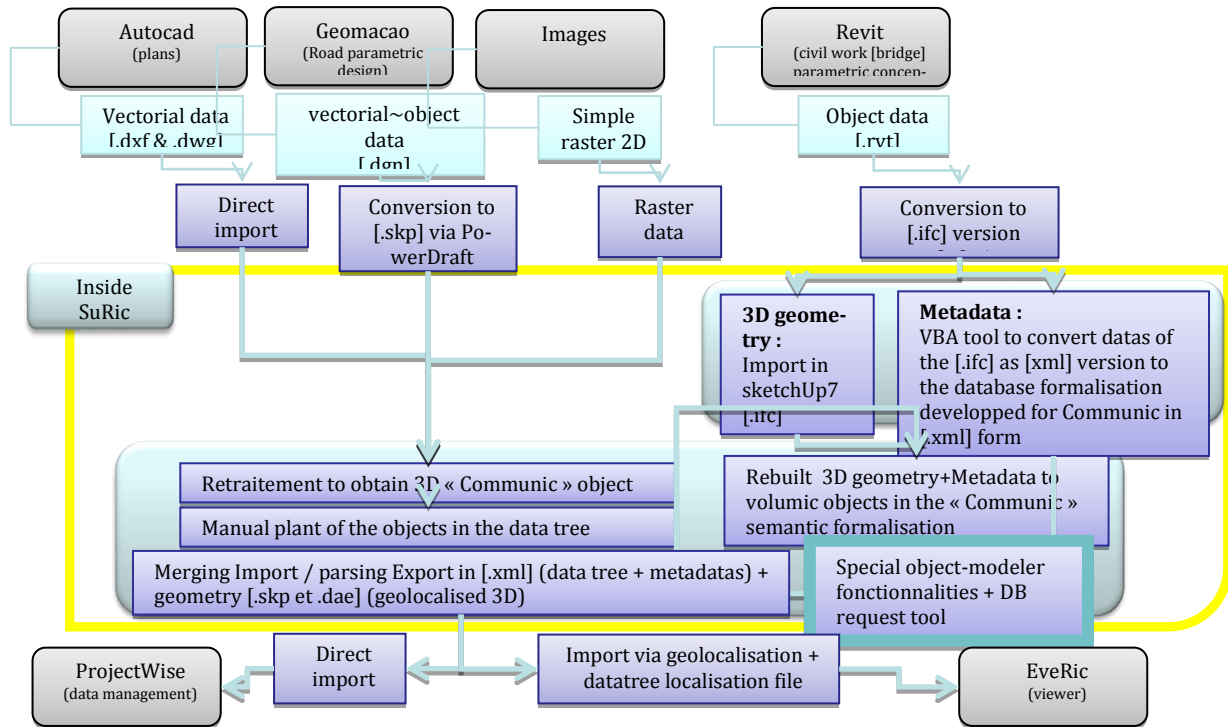
Comparaison chrono-graphique de 2 alternatives de construction du pont :

- en 2 levées
- en 1 seule levée

Conclusion : bon rendu du déroulement de l'exécution (après masquage de la surface topo mal calée en altitude).

D3 – Synthèse des expérimentations

Cartographie des outils des expérimentations 1 et 2



Cartographie des outils utilisés

Remarques sur la modélisation des objets

on sait modéliser naturellement les détails

Pour les deux expérimentations, la modélisation des niveaux (la hiérarchie des niveaux est détaillée dans le Livrable L1 – Chapitre C1) décrivant les détails des objets a été facilement réalisée. Aussi bien la représentation que la liste des attributs et des liens se font naturellement pour la description des objets à partir du niveau 3 vers les niveaux 4 et 5.

On ne sait pas modéliser les niveaux 0 à 2

Par contre, on ne sait pas (naturellement) définir les attributs pertinents (nécessaires et suffisants) pour renseigner les objets aux niveaux 0 à 2.

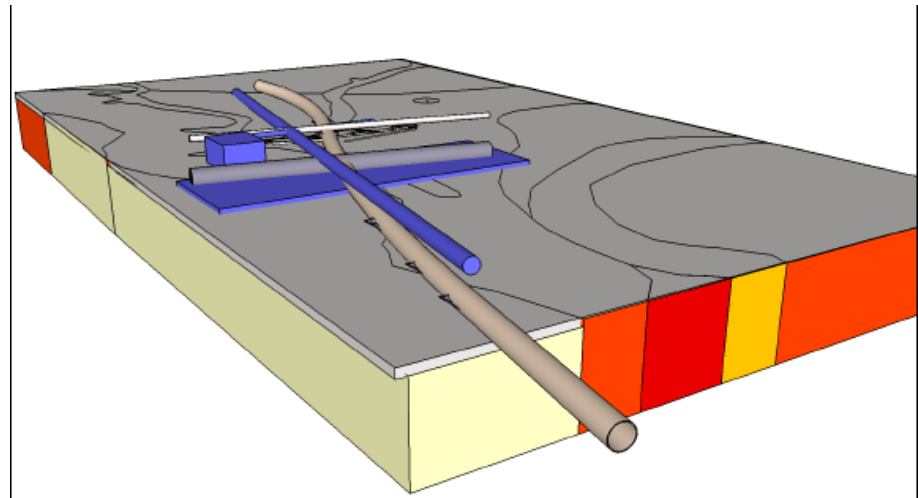
Le niveau 3 est à l'interface de ce que l'on sait bien faire et de ce qu'il faut apprendre à faire.

Représentation par niveau

La représentation par niveau est elle-même problématique, dès lors que :

- on imagine pouvoir représenter le projet à partir des niveaux 0 à 3, sans avoir la représentation des niveaux 3 et plus
- On ne pense pas, par exemple, le niveau 2 comme la concaténation des objets de niveau 3 et plus.

L'exemple ci-dessous montre une tentative de représenter le projet selon le niveau 1 uniquement.



Il y a un écart entre le modèle de données envisagé et celui qui est proposé par les IFC

De ce fait l'expérimentation confrontée aux IFC a permis de montrer, notamment sur la problématique des niveaux, un écart entre les spécifications du modèle COMMUNIC et la modélisation immédiate via les IFC.

La simulation du fonctionnement

Simuler l'échange métier vers la MNC

La création d'objets de maquette numérique collaborative vue dans les chapitres précédents a permis d'imaginer le modèle de fonctionnement de la MNC, notamment les parcours :

- Outil métier vers Outil MNC- visualisateur
- Extraction de MNC, en prenant en compte : les objets, les attributs, les niveaux, la représentation en fonction de ces critères.
- Les deux parcours précédents, mais avec une partie seulement du projet.

Les deux expérimentations ont permis de simuler l'échange : modèleur métier vers la Plateforme collaborative selon deux critères :

■ **Le projet dans son ensemble**

Le modèleur métier crée les objets métiers. Des outils passerelles sont utilisés pour permettre le transfert vers la plateforme collaborative. Les objets sont réassemblés dans la plateforme. Le navigateur donne accès à la visualisation 3D et à l'ensemble de l'information attributaire. Le parcours inverse a également été testé.

■ **Un extrait du projet**

- Le deuxième critère consistait à échanger une partie seulement du projet. Il a fallu définir un protocole permettant de comprendre ce qui était à extraire et comment le réintégrer dans le modèle.
- En l'absence d'outils réagissant aux différents critères possibles (« gestion de point de vue »), il n'a pas été possible de tester un découpage automatique de la maquette.
- Par contre il a fallu simuler les cas de figure d'archivages de version selon la nature des échanges. Le cas d'un échange partiel de la maquette introduit la problématique de la version partielle de la maquette du projet qu'il faut donc gérer, tant du point de vue du workflow que de la gestion des versions à archiver ou que de l'intégrité des liens entre les objets.

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

la navigation par objet

Les deux expérimentations, ont permis de monter l'intérêt de la modélisation par objet au travers de la navigation :

- Par objet
- Par attributs.

Représentation par niveau

L'expérimentation a révélé la complexité de la représentation par niveaux. La simulation a permis de se poser le problème, mais sans véritablement le résoudre.

L'affichage sous le point de vue du niveau 1 (voir ci-dessus) est une tentative de réponse et pose la problématique. Il n'a pas été répondu à la question de la différence de représentation du niveau 1 par rapport au niveau 2 par exemple, ou à l'aspect dynamique (évolution dans le temps).

Simulation d'une validation

- Le passage par Projectwise avait pour but de modéliser tout le processus de validation tel que définit dans le livrable 1.
- Projectwise avait été paramétré pour mettre en place les différentes phases. L'interface vers Skechtup devait permettre le passage des informations, ainsi que la mise à jour après le passage dans l'outil « plateforme collaborative ».
- Par les mêmes outils il a été mis en place les attributs pour tester l'évolution du workflow simulant un processus de validation. Le manque de temps n'a pas permis de simuler véritablement la complexité du schéma ci-dessous.

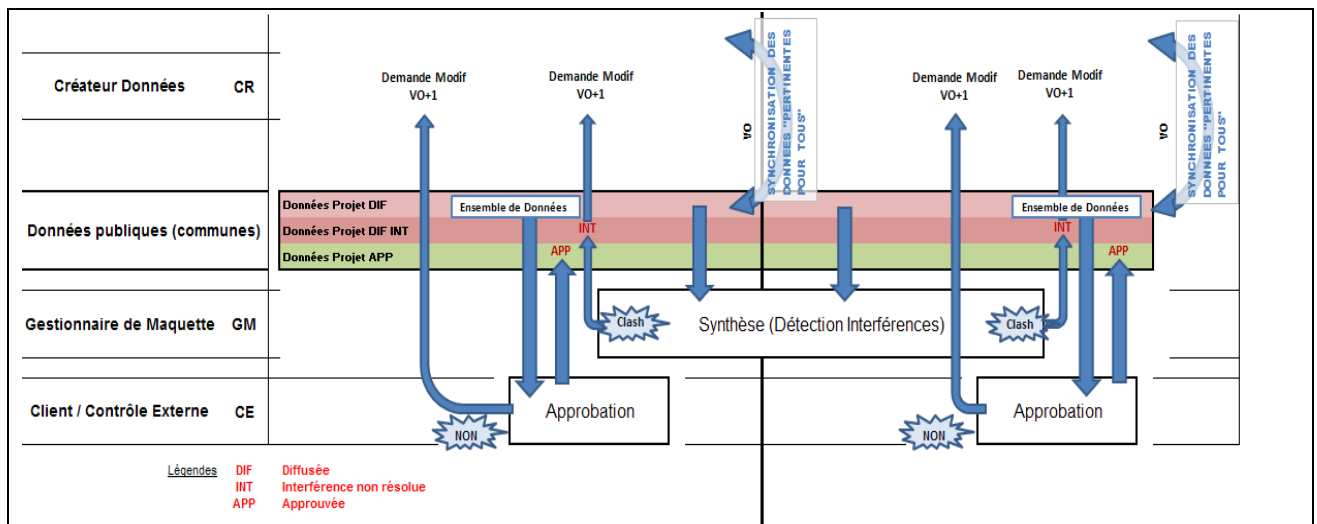


Figure C4-2 du Livrable 1 – Evolution des statuts d'une donnée

L'approche IFC de l'expérimentation 2

L'expérimentation 2 a permis de tester l'apport de l'approche IFC.

Les pistes encourageantes :

- Possibilité d'utilisation d'objets IFC existants pour définir un ouvrage d'art (substitution d'objets métier TP par des objets « bâtiment »)

Les remarques :

- Les imports et exports successifs ne garantissent pas toujours l'intégrité du modèle de départ.
- Pas d'objet IFC paramétrique.

➔ D'où deux conclusions :

- La nécessité d'avoir des certifications des standards d'échange solides et véritables, ainsi qu'une certification

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

technique fiable des logiciels utilisés ;

- la nécessité de conserver les formats natifs pour mesurer les écarts et apporter les modifications potentielles.

Ce qui n'a pas pu être fait

Tous les objectifs fixés dans la mise au point du scénario et des scènes n'ont pu être atteints.

Le scénario devait faire converger les scènes vers deux objectifs qui n'ont pas été atteints :

- il n'a pas été joué une réunion de revue de projet ;
- il n'a pas été possible de jouer le scénario dans une salle immersive.

■ **Le manque de temps**

Le temps de l'expérimentation s'est réparti de la façon suivante :

- 40% dans la modélisation des données
- 40% dans l'interopérabilité ou l'échange des données
- 15% dans l'écriture du scénario
- 5% dans le jeu des scènes

Une fois la modélisation du projet faite et la mise en place d'un simulateur de plateforme collaborative, il ne restait plus le temps et la disponibilité de jouer les scènes. Cependant la mise en place du modèle correspondait à la réponse aux demandes exprimées lors de l'écriture des scènes.

Autrement dit : modéliser, c'était jouer. Mis à part des contraintes de temps, il aurait été possible de jouer une réunion de revue de projet.

■ **Beaucoup d'ambition**

Le scénario avait été écrit en dehors de toute contrainte d'outils.

L'expérimentation a donc révélé ou confirmé que :

- Il n'y a pas d'outils réellement opérationnels pour produire les données selon le modèle spécifié dans le domaine des infrastructures ;
- Les outils non dédiés aux infrastructures demandent des connaissances véritablement approfondies pour pouvoir simuler ce qui avait été spécifié.

Autrement dit : simuler une plate-forme collaborative était à la portée de l'expérimentation, mais simuler une salle immersive nécessitait d'aller encore plus loin dans la modélisation des objets et dans l'interopérabilité.



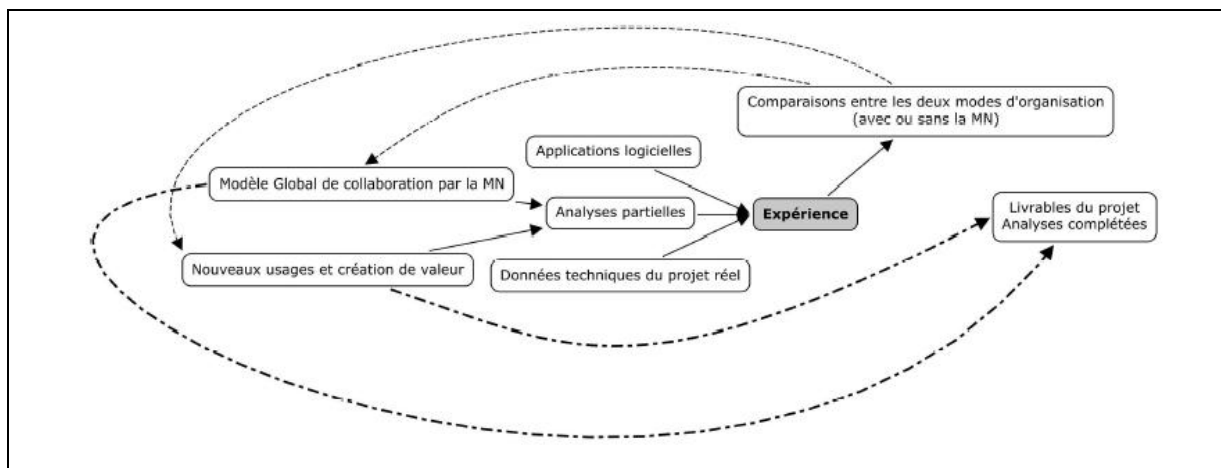
E – CONCLUSIONS

E1 – Limites et utilités du démonstrateur

de la validation à l'exploration

Cette expérimentation a donné la capacité à explorer des situations qui n'avaient pas été imaginées. Elle a permis de comparer réellement la méthode traditionnelle et la méthode par maquette numérique.

Elle a fait évoluer la compréhension, à la fois du modèle établi en tâche 2, mais aussi de la création de valeurs et des usages attendus développés en tâche 3, ce qui a eu pour conséquence de compléter l'analyse et les contenus des livrables.



L'expérimentation, de la validation à l'exploration¹⁰

Cette expérimentation n'a pas seulement apporté un apprentissage lié au projet de maquette numérique. Elle a permis d'explicitier les processus de production des différents partenaires qui œuvrent ensemble vers le même objectif. Elle a donc ouvert à meilleure compréhension la logique et les contraintes de l'ensemble des acteurs agissant à des moments différents de la chaîne de développement du projet.

Modéliser c'est jouer

Finalement, le temps à consacrer à jouer les scènes s'est trouvé considérablement réduit (5% du temps de l'expérimentation). En effet, lors de la mise au point du modèle des données et des passerelles, il avait été virtuellement joué ces scènes. 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

Les deux limites de l'expérimentation

Il n'est pas surprenant de constater qu'il y a eu deux limites à l'expérimentation à savoir :

- L'inadéquation des outils de base ;
- La faiblesse des outils d'ingénierie concurrente.

Les outils de base (modeleurs)

Les outils de base, couramment utilisés dans les projets d'infrastructure ne répondent pas au cahier des charges de Communic.

Il aurait été surprenant de découvrir que les questions posées par le projet Communic trouvent leur réponse dans les outils actuellement utilisés dans l'ingénierie des infrastructures. L'expérimentation a, par contre, permis de

¹⁰ Source : M. Viegas Pires, G. Garel, *Apprentissage organisationnel et conception des dispositifs d'expérimentation. Le cas du projet COMMUNIC*, Présentation à l'AIMS

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

constater les écarts entre ces outils (appelés dans le livrable 3 : modeleurs) et les spécifications envisagées.

Les écarts se situent sur des points majeurs de ces outils :

- Ils sont soit faibles, soit insuffisants dans la modélisation des objets d'infrastructure en 3D volumiques ;
- Ils sont faibles et insuffisants dans la modélisation des informations associées à ces objets.

Les outils d'ingénierie concourante

La faiblesse des outils de l'ingénierie concourante, dans le domaine des infrastructures se situent tant :

- dans les outils d'interopérabilité,
- que dans les outils de plateforme.

■ L'interopérabilité

Il n'y a pas de standard d'échange dans le domaine des infrastructures. Le format d'échange universellement utilisé est le fichier DWG. L'expérimentation a démontré, s'il en était besoin, qu'un format neutre d'échange faisait défaut pour permettre l'interopérabilité entre différents outils.

■ Les outils de plateforme

Les outils de plateforme d'ingénierie concourante sont partiels et se limitent aux plateformes d'archivage des documents.

Il faut sortir du secteur du BTP pour trouver des réponses intégrant le cycle de vie des informations et des objets.

E2 – les deux clefs du projet COMMUNIC

Il est apparu de façon évidente, par le temps passé, que l'établissement de standards d'échanges garantissant l'interopérabilité, était 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 sera un facteur décisif.

Le modèle de données

L'expérimentation a permis de constater et de vérifier que la modélisation des données est la base de la maquette numérique. 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 générer les données du modèle numérique en 3D.

Même s'il faut envisager pour chaque projet, une initialisation ou un re-paramétrage du modèle de données, l'un des enjeux de COMMUNIC est d'établir les bases d'un modèle pérenne sur lequel s'appuyer au démarrage.

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 minimale, insuffisante pour construire une maquette numérique. Il n'existe pas d'outils passerelles garantissant l'intégrité des informations à échanger entre différents acteurs de différents métiers. La logique actuelle est l'utilisation d'outils spécialisés peu communicants.

A noter que 40% du temps de l'expérimentation a été consacré à mettre au point de tels outils.



E2 - Avenir de Communic : éléments d'un modèle réutilisable

Les prochaines étapes

Les suites évidentes à l'expérimentation faite dans Communic sont dans la possibilité de créer les éléments d'un modèle réutilisable, dans chaque projet.

Cela passe par trois étapes :

Créer un groupe de travail sur les objets IFC-Infra, pour permettre l'émergence d'un format neutre autour d'un modèle objets d'infrastructure.

Créer des groupes de travail avec les Editeurs de logiciel, pour promouvoir les exigences du secteur dans un modèle d'objet d'infrastructure et d'un format neutre d'échange.

- La recherche et le test de plateforme collaborative; pour promouvoir la prise en compte des fonctionnalités attendues notamment sur les aspects clefs des validations et des variantes.

En résumé

- **Promouvoir une évolution majeure des outils, aujourd'hui inadaptés, auprès des éditeurs de logiciels.**
- **Promouvoir le développement de standards de format neutre, garantissant l'interopérabilité des modèles de données et des outils.**



Annexe 1 : Le scénario

Liste des scènes

Scènes jouées étape I		N° de scène	Partenaire(s) rédacteur(s) de la scène
<u>I/ Conception</u>			
<u>I/A/ Conception - Avant Projet</u>			
I / A / 1 Préparation du projet			
I / A / 1 / 1 / Structuration du projet de la maquette	1	Egis + CSTB	
I / A / 1 / 2 / Collecte des données existantes	2		
I / A / 1 / 3 / Calage de la géométrie V0 (ARTE + rétab)	3		
I / A / 2 / Etablissement du dossier loi sur l'eau			
I / A / 2 / 1 / Hydraulique	4	Egis	
I / A / 2 / 2 / Assainissement	5		
I / A / 3 / Etudes géotechniques			
I / A / 3 / 1 / Consultation	7	Egis	
I / A / 5 / Etudes du PS			
I / A / 5 / 1 / Choix du type (navette)	10	Setec	
I / A / 5 / 2 / Définition de la géométrie	11		
<u>II / Chantier</u>			
<u>II/A / Chantier - Etudes</u>			
II / A / 4 / Installations de chantier			
II / A / 4 / 1 / Terrassement et réseaux	36	Eiffage	
II / A / 4 / 2 / Plans et équipements	37		
Scènes jouées étape II		N° de scène	Partenaire(s) rédacteur(s) de la scène
<u>I/ Conception</u>			
<u>I/A/ Conception - Avant Projet</u>			
I / A / 2 / Etablissement du dossier loi sur l'eau			
I / A / 2 / 3 / Bassin de traitement	6	Egis	
I / A / 3 / Etudes géotechniques			
I / A / 3 / 2 / Enregistrement des résultats	8	Egis	
I / A / 5 / 2 / Définition de la géométrie	11		
I / A / 8 / Foncier			
I / A / 8 / 1 / Emprises théoriques	14	Egis	
I / A / 8 / 2 / Emprises définitives	15		
I / A / 8 / 3 / Dossier d'occupation temporaire	16		
I / A / 8 / 4 / Désenclavement / remembrement	17		
I / A / 9 / Concertation			
I / A / 9 / 1 / Préparation des supports	18	Egis + CSTB	
I / A / 9 / 2 / Description du phasage	19		
<u>I / B / Conception - Appel d'Offre passation des marchés de travaux</u>			
I / B / 1 / Dossier de consultation de l'ouvrage d'art	22	Setec	
<u>II / Chantier</u>			
<u>II/A / Chantier - Etudes</u>			
II / A / 1 / Etudes du terrassement			
II / A / 1 / 1 / Déblais du bassin	25	VcF	
II / A / 1 / 2 / Tracé de l'autoroute	26		
II / A / 1 / 3 / Remblais d'accès du PS RD36	27		
II / A / 2 / Etudes du PSRD36			
II / A / 2 / 1 / Note de calcul de la pile centrale du PS RD36	28	VcF	
II / A / 2 / 2 / Ferrailage de la pile de pont centrale du PS RD36	29		
II / A / 2 / 3 / Coffrage de la pile de pont centrale du PS RD36	30		
II / A / 2 / 4 / Phasage de la pile de pont centrale du PS RD36	31		
II / A / 6 / Planification			
II / A / 6 / établissement du planning d'exécution	39	By-TP	

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

Scènes jouées étape II	N° de scène	Partenaire(s) rédacteur(s) de la scène
<u>II / B / Chantier - Exécution</u>		
II / B / 1 / Identification des réseaux		
II / B / 1 / 1 / Report des réseaux – déviation d'un EP non indiqué	41	By-TP
II / B / 1 / 2 / Mise à jour du planning	42	
II / B / 1 / 3 / Mise à jour du plan de recollement	43	
II / B / 2 / Suivi d'exécution du PS RD36		
II / B / 2 / 1 / Constitution du plan d'exécution de la pile	44	VcF
II / B / 2 / 2 / Bétonnage de la semelle de la pile centrale du PS RD36	45	
II / B / 2 / 3 / Vérification par un BET	46	
II / B / 2 / 4 / Mise à jour des plans de recollement	47	
II / B / 3 / Suivi de l'Exe Terrassement Autoroute		
II / B / 3 / 1 / Repérage d'une ancienne Fosse à Purin sur le tracé de l'A19	48	Eiffage
II / B / 3 / 2 / Purge et analyse	49	
II / B / 3 / 3 / Remblais et Fiche qualité du terrassement	50	
Scènes jouées en étape III optionnelle		
<u>I / Conception</u>		
<u>I / A / Conception - Avant Projet</u>		
I / A / 4 / Etudes des terrassements		
I / A / 4 / 1 / Etablissement d'un mouvement de terres	9	Non désigné
I / A / 6 / Déplacement des réseaux		
I / A / 6 / 1 / Dossiers pour les concessionnaires	12	Non désigné
I / A / 7 / Etudes des chaussées		
I / A / 7 / 1 / Dimensionnement	13	Non désigné
I / A / 10 / Etude acoustique		
I / A / 10 / 1 / Evolution d'une protection pour insertion paysagère	20	Egis + CSTB
I / A / 11 / Dossier de la convention départementale		
I / A / 11 / 1 / établissement du dossier de convention départementale	21	Non désigné
<u>I / B / Conception - Appel d'Offre passation des marchés de travaux</u>		
I / B / 2 / Offre d'une entreprise	23	Non désigné
I / B / 3 / Analyse d'une variante	24	
<u>II / Chantier</u>		
<u>II / A / Chantier - Etudes</u>		
II / A / 3 / Etudes du rétablissement de la RD36		
II / A / 3 / 1 / Phasage provisoire	32	VcF
II / A / 3 / 2 / Etude de la chaussée	33	
II / A / 3 / 3 / Fossés & Ouvrage Traversant – OH 82,8	34	
II / A / 3 / 4 / Equipements - Plan des signalisations chantier et provisoires sur voirie	35	
II / A / 5 / Réseaux VDI		
II / A / 5 / Modification locale de la bande d'arrêt d'urgence	38	Non désigné
II / A / 7 / Méthodes Ouvrage d'Art du PS RD36		
II / A / 7 / 1 / Etalement du tablier du PS RD36	40	Non désigné
<u>III / Exploitation</u>		
<u>III / A / Dossier de recollement</u>		
III / A / 1 / Constitution du dossier de recollement		
III / A / 1 / 1 / Purge et exports pour constitution du dossier de recollement	51	Non désigné
<u>III / B / Fonctionnement</u>		
III / B / 1 / Travaux courants d'entretien		
III / B / 1 / 1 / Nettoyage du bassin de traitement	52	Non désigné
<u>III / C / Interventions</u>		
III / C / 1 / Travaux d'urgence		
III / C / 1 / 1 / Réparation des glissières suite à un accident	53	Non désigné
III / C / 2 / Travaux programmés		
III / C / 2 / 1 / Réfection de la couche roulante de la chaussée	54	Non désigné
III / C / 2 / 2 / Passage d'une fibre optique	55	Non désigné

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

Description de la scène 35

35	Fiche :	II / B / 2 / 3 / Vérification par un BET	
Partie :		II / Chantier	
Acte (phase du projet) :		II / B / Chantier - Exécution	
Scène (tâche du projet) :		II / B / 2 / Suivi d'exécution du PS RD36	
		Projet A19	Communic
Principaux :		Bureau d'étude de structure	
Secondaires :		Bureau de vérification	
Acteurs (intervenants par entités et métiers) :			

Projet A19/RD36		
Documents ressources & données liées	Déroulement	Documents produits & données liées
Fiche de non-conformité Note de calcul de la pile Plans de ferrailage Plans de coffrage Nomenclature des plans	Modélisation du ferrailage sans les éléments oubliés Note de calcul de vérification Conclusion → ok Modification du dossier de recollement Information du chantier Clôture de la fiche de non-conformité du ferrailage de la pile du PS RD36	Note de calcul de vérification de la pile centrale du PS RD36
	Validations nécessaires	
	Bureau d'études de contrôle (contre calcul) Maîtrise d'œuvre d'exécution (clôture de la fiche)	
Scène(s) Précédente(s)		Scène(s) Suivante(s)
Incident de ferrailage		

Projet Communic		
Fichiers informatiques & Données d'entrée	Evolution des données « Cheminement des fichiers » (entre métiers et outils)	Documents produits & données liées
Etat de la maquette avant exécution		maquette modifiée et nouveau document joints et hyperliés
	Outils utilisés	
	Validations informatiques utilisées	
Analyse du jeu :		
Opérabilité des fichiers :	Effets sur les relations entre intervenants :	Etapes de validation nécessaires :
Gain de temps estimé :	Gain de qualité :	Remarque sur le fonctionnement :



Annexe 2 : Rappel des objectifs de la scène 11

Scène n°	Libellé	Pilote
11	Définition de la géométrie - PS RD36	Bouygues
Rappel objectifs : <ol style="list-style-type: none"> I. Valider les processus de travail collaboratif entre plusieurs intervenants de la phase de conception : <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'un format neutre d'échange d'objets (IFC) - Visualisation d'objets géométriques et d'attributs non géométriques - Affichage et filtre par discipline - Gestion des versions - Gestion des variantes (Validation) - Passage de niveaux de maturité (Décision Go-NoGo / Entrants et Sortants attendus) - Gestion des données publiques / Privées - Lien avec planning / Phasage de construction (4D) 		

I- Déroulement du tableau « structuration et gestion informations »

ACTION	N° tâche	TACHE	QUI ?	AVEC QUOI ?
Définition des disciplines	I.1.a	Etablir la liste des disciplines (afin de définir les vues), acteurs et rôles	BY	Excel
Définition des différents intervenants	I.1 b	Etablir la liste des intervenants (utilisateurs + rôles) et définir les droits d'accès	BY	Excel
Définition des différentes phases	I.1.c	Etablir la liste des phases, puis des entrants et sortants attendus à chaque phase	BY	Excel
Définir le Breakdown Structure des objets à utiliser pour ce scénario	I.2.a	Lister les objets dans les différents niveaux de maturité (Appuis, tablier, gabarit) : organisation spatiale, organisation architecturale et systèmes.	BY	Excel
Définir la liste des attributs des objets	I.2.b	Lister les attributs nécessaires pour les processus à expérimenter et définir les responsabilités.	BY	Excel (existant)
Etablir les liens vers les autres objets de la maquette (données en entrée)	I.2.c	Etablir une liste des objets liés et le type des liens	BY	Excel
Scénario Phase AP	I.3	- Client - BE avec 2 projeteurs : PrA (Appuis) + PrT (Tablier)	BY	
	I.3.a	PrA : 3 appuis en V1 puis partage des données au sein BE	BY + CSTB	Revit + EveBIM
	I.3.b	PrA : Appui central V2 puis partage des données au sein BE	BY + CSTB	Revit + EveBIM
	I.3.c	PrT : Tablier V1 En même temps PrA : Appuis latéraux V2 Partage des données au sein BE	BY + CSTB	Revit + EveBIM
	I.3.d	PrT : Tablier V2 qui tient compte des appuis V2 Partage des données au sein BE, validation BE, puis données publiques pour approbation MOA	BY + CSTB	Revit + EveBIM

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

Scénario Phase PRO	I.4	Passage au niveau de maturité PRO – Changt N° Version -MOA -BE avec 2 projeteurs -Mth : bureau des méthodes pour phasage de réalisation	BY + CSTB	Revit + EveBIM
	I.4.a	PrA : Détail des appuis (nb levées / semelle...) PrT : Détail des travées	BY + CSTB	Revit + EveBIM
	I.4.b	PrA : 2 variantes (2 et 3 levées) Partage des données aux partenaires	BY + CSTB	Revit + EveBIM
	I.4.c	Mth : Phasage de construction de 2 variantes et définition des outils (s'appuyant sur les 2 variantes du BE)	BY	MS-Proj +Synchro

II- Déroulement du tableau « visualisation maquette 3D »

ACTION	N° tâche	Tâche	Qui ?
Visualiser les objets relatifs aux données d'entrée	II 1 a	Visualisation des données natives (REVIT) Visualisation des données échangées (format neutre dans EVEBIM)	
Visualiser les attributs des objets	II 1 b	Fonctionnalité EVEBIM ?	
Sortir des documents « techniques »	II 1 c	Etablir une coupe longitudinale, une coupe transversale de l'OA, cotées, à partir de l'objet 3D (nécessaire le temps de la transition vers la maquette et pour les travaux)	
Visualiser les clashes	II 1 d	Selon le scénario joué, par exemple sur la problématique gabarit, définir la manière de représenter ces clashes « volumiques »	
Visualiser les versions des objets	II.2.a	Fonctionnalités EVEBIM ?	
Visualiser les variantes de conception	II.2.b	[Comment passer d'une variante à l'autre ??]	
Visualiser les phasages de construction	II.3.a	Lien avec MS-Project: Synchro3D ou Navisworks	

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

Phase AP

Phase 1

Génération Modèle IFC (Revit ou à la main)

→ Nécessité propriétés + attributs spécifiques:

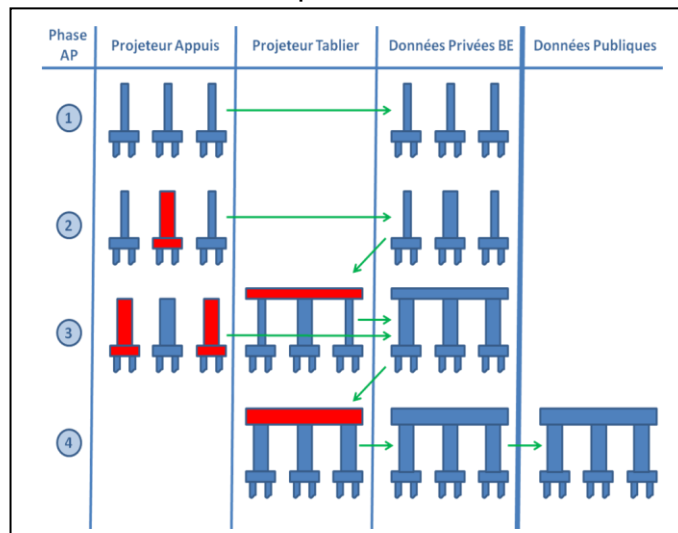
- OwnerHistory (existant)
- GUID (existant)
- Version (à créer)
- Statut (à créer) – Par défaut : « En cours »
- Phase de conception (à créer)

Phase 2

Modification d'un objet + Changement Version

Chgt de Statut (Diffusable)

+ Mise à Jour de la base privée partagée



Phase3

Modification d'autres objets + Changement Versions (alertes ?)

Export partiel pour 2° projeteur (Vérification OwnerHistory) / Import partiel par 2° projeteur

Agrégation des travaux réalisés (Visualisateurs Navisworks / Solibri / Synchro / EveBIM) avec conservation des liens entre les objets des modèles imbriqués.

Détection Interférences des 2 conceptions (Solibri / Navisworks) - Gestion des interférences détectées ? Changement Statut (Clash) + Requête pour modification tablier.

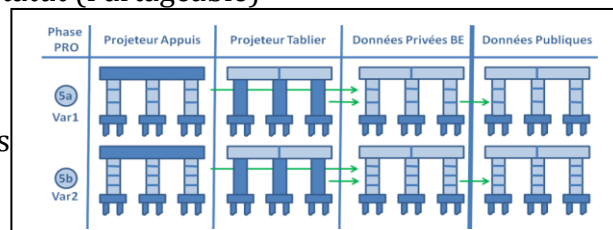
Phase4

Modification tablier et Mise à jour de la base privée partagée / Détection Interférences

Mise à Jour base publique partagée + Changement Statut (Partageable)

Approbation (changement statut)

Changement de Phase (AP vers PRO)



Phase PRO (Continuité de la conception - pas de res

Phase 5a - Etude Variante1

Fûts de piles en 3 levées, et tablier en 2 travées.

→ Découpage de chaque fût en un groupe de 3 levées (Niveau n+1 du Breakdown Str)

Phase 5b - Etude Variante2

Fûts de piles en 4 levées

Mise à jour de la base publique partagée et affichage des différentes variantes étudiées.

Phase 6a – Phasage 1 de réalisation de la Var1

Etablissement d'un planning MS-Project

Lien avec les objets IFC dans Synchro

Visualisation du phasage

Phase 6b – Phasage 2 de réalisation de la Var1

Visualisation d'un autre phasage

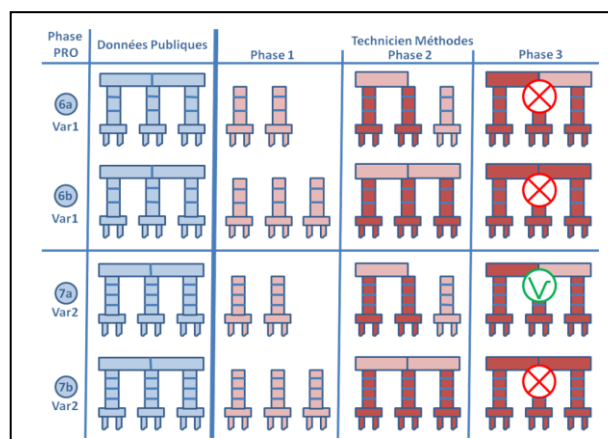
Phase 7a – Phasage 1 de réalisation de la Var2

Visualisation d'un autre phasage

Validation de ce phasage de construction

Phase7b – Phasage 2 de réalisation de la Var2

Visualisation d'un autre phasage



Fonctionnalités manquantes à ce jour

Généralités

- Utilisation principale d'outils du marché, reconnus par la profession.
- Etablir des spécifications pour développements éventuels (raisonner en intégrateur, pas en développeur)

Logiciels de modélisation (création de valeur)

- Revit OK pour objets simples (pas de TN/déblais/remblais) → Utilisation Proxys ?
- Revit : Export IFC : GUID et OwnerHistory incomplets → ajouts ou correction à la main
- Revit : Import IFC fonctionne en partie
- Revit : Export partiel → A approfondir

Format IFC

- Liste des attributs nécessaires pour jouer la scène
- Propriétés et attributs manquants → Ajouts à la main
- Export partiel (sélection d'objets et création fichier IFC) → EveBIM
- Import de plusieurs fichiers IFC et fusion → ??
- Liens entre entités IFC (Attention aux liens coupés pendant imports et exports partiels)
- Visualisation des attributs à vérifier dans Navisworks, Solibri, Synchro, EveBIM
- Générateur de code IFC (Graphical Instance) si REVIT n'est pas assez complet
- Explorateur d'IFC ?

Base données

- Serveur de fichiers: Ressource partagée (oui, mais pas suffisant pour les flux)
- GED : ProjectWise ou autre (oui, mais pas suffisant pour les liens entre objets)
- Serveur IFC → Serveur existant ? (TNO ??)
- Fichier Excel ?

Flux

- Notifications automatiques / Flux de validation / Gestion des requêtes.... → ?

Planning

- Taches élémentaires : MS Project
- Liens Entités / Tâches : Navisworks, Synchro

Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

I – IFC (BATIMENT)

Principe du Modèle de données actuel des IFC pour le bâtiment

Niveau 0 : le projet

- Le projet : immeuble de bureaux

Niveau 1 : les objets qui permettent d'assurer une fonction, un service attendu

- Le site : la parcelle, son environnement
- Le bâtiment : un référentiel, une géométrie « *bounding box* » pour représenter ses limites urbanistiques dans l'environnement

Niveau 2 : les objets qui font appel à une nature de travaux, à un métier du secteur

- Architecture : l'organisation de l'espace, les pièces, les circulations :
 - Les étages : un référentiel
 - Les locaux : une géométrie « *bounding box* » dans le référentiel de l'étage
- Architecture : l'enveloppe :
 - Les façades et le toit : une géométrie enveloppe dans le référentiel du bâtiment
- Architecture : les aménagements extérieurs
 - Les aménagements paysagers...
- Lot structure : identification des porteurs et définition des fondations
 - Fondations
 - Poutres
 - poteaux
- Lots techniques : identification équipements par local et définition des gaines techniques verticales
- Lots architecturaux : identification des équipements par local

Niveau 3 : Les objets ouvrages élémentaires qui composent une même nature de travaux

- Architecture : murs, cloisons, dalles, portes, fenêtres, escaliers
- Lot structure : modèle structural
- Lots techniques : modèle thermique, modèle acoustique
- Lots techniques : équipement par local, définition des réseaux
- Lots architecturaux : équipement par local

Niveau 4 : Les objets qui font appel à des dispositions constructives différentes

- Coordination des interfaces entre divers lots
- Lot structure : trémies, réservations et inserts pour les autres lots
- Lots techniques : détail des composants des réseaux
- Lots architecturaux : doublages, revêtements par local

Niveau 5 : les objets qui font appel à des spécifications de mise en œuvre

- Lot structure : levées de bétonnage, armatures de béton armé
- Planification
- Métrés

II – IFC-BRIDGE (PONT)

Principe du Modèle de données actuel des IFC pour les ponts (IFC-Bridge)

Niveau 0 : le projet

- Le projet : un pont à haubans franchissant la Seine à Honfleur pour le passage de véhicules routiers.

Niveau 1 : les objets qui permettent d'assurer une fonction, un service attendu

- Le site : sol support et son environnement
- Le pont : un référentiel, une géométrie comprenant la « *ligne rouge* » de la chaussée supportée et son gabarit routier,
- Le fleuve : un référentiel, une géométrie comprenant la ligne rouge et le gabarit de la passe navigable, et l'emprise du fleuve et sa bathymétrie
- Les routes auxquelles l'ouvrage est relié sur les deux rives du fleuve.

Niveau 2 (pour le pont): les objets qui font appel à une nature de travaux, à un métier du secteur

- Architecture : l'organisation de l'espace :
 - Le tablier : un référentiel
 - Les pylônes : une géométrie « *bounding box* » dans le référentiel du pylône
 - Les viaducs d'accès
 - Les piles
 - Les culées
 - Les haubans
- Lot génie civil : les piles, pylônes et tabliers béton
- Lot construction métallique : le tablier métallique
- Lot haubanage : les objets physiques
- Lot précontrainte : globalement au tablier et aux pylônes
- Lot fondations : les pieux par pylône ou pile
- Lot Equipements : garde-corps, joint de chaussées, appuis de pont...

Niveau 3 : Les objets ouvrages élémentaires qui composent une même nature de travaux

- Lot génie civil : découpage du tablier haubané en fonction des espacements entre haubans, découpage des tabliers poussés en fonction du poussage ; découpage des pylônes en éléments fonctionnels (semelle, jambes, entretoise, fût, tête), découpage des piles en éléments fonctionnels (semelle, fût, chevêtre)
- Lot construction métallique : découpage du tablier en fonction des espacements des haubans
- Lot haubanage : découpage en ancrage tablier, hauban, ancrage tête de pylône
- Lot précontrainte : découpage en emplacements potentiels
- Lot fondations :
- Lot Equipement

Niveau 4 : Les objets qui font appel à des dispositions constructives différentes

- Coordination des interfaces entre divers lots
- Lot Génie Civil : trémies, réservations et inserts pour les autres lots, gaines de précontrainte, ferrailage
- ...

Niveau 5 : les objets qui font appel à des spécifications de mise en œuvre

- Lot Génie Civil : levées de bétonnage des pylônes et piles, incidences sur armatures de béton armé
- Planification
- Métrés

III – IFC INFRA (Autoroute A28)

Principe du Modèle de données envisagé pour les IFC des infrastructures (IFC-Infra)

Dans chacun des niveaux suivants, il est primordial de ne pas oublier les ouvrages provisoires, les déviations et rétablissements, les outils et les matériels nécessaires à la construction. Ce sont des objets qui ne constituent pas le projet par lui-même, mais qui sont indispensables pour assurer sa réalisation.

Niveau 0 : le projet

- Le projet : une autoroute (le produit final) allant de A à B pour le passage de véhicules routiers. On définit la chaussée ; la géométrie associée est une ligne rouge simplifiée, le gabarit routier et l'emprise (le fuseau). Le passage de véhicules est le processus principal, dont l'infrastructure est le support. On s'appuie sur de l'information géographique pour valider le fuseau.

Niveau 1 : les objets qui permettent d'assurer une fonction, un service attendu

- Le site : le terrain naturel (que l'on va modifier) dans l'emprise ; de l'information géographique hors de l'emprise pour l'impact sur l'environnement
- L'autoroute proprement dite, découpée en tronçons compte tenu de sa taille ; identification des entrées et des aires de service (la géométrie associée est une ligne rouge et un gabarit)
- Les axes transverses impactés (réseau ferré, réseau routier, canal, rivières, lignes aériennes de transport d'électricité, réseaux enterrés...) → géométrie associée est une ligne rouge et une emprise
- Les réseaux routiers auxquels les entrées sont raccordées.

Niveau 2 : les objets qui font appel à une nature de travaux, à un métier du secteur

- Lot chaussée : les diverses chaussées rattachées par ensemble à chaque entité du découpage de niveau 1
- Lot terrassement : les ouvrages de terrassement rattachés au découpage de niveau 1
- Lot génie civil : les ouvrages de génie civil (pont, tunnels, murs de soutènement, ouvrages hydrauliques...)
- Lot assainissement
- Lot Equipements
- ...

Niveau 3 : Les objets ouvrages élémentaires qui composent une même nature de travaux


- Lot chaussée :
- Lot terrassement : découpage en ouvrages de décapage, déblai courant, remblai courant, ouvrage avec un profil mixte déblai-remblai, merlon, dépôt, emprunt, remblai contigu...
- Lot génie civil : découpage des ouvrages d'art en pile, tablier, culées ; découpage des tunnels en tube principal, puits d'accès, inter-tubes...
- ...

Niveau 4 : Les objets qui font appel à des dispositions constructives différentes (produits)

- Coordination des interfaces entre divers lots et définition des entités des interfaces
- Lot terrassement : par exemple pour un remblai du niveau 3 : purge, couche drainante, corps de remblai,
- Lot génie civil : par exemple pour un pont du niveau 3 : voussoir courant, voussoir sur pile, voussoir de clavage, câbles de précontrainte, appareils d'appuis...
- ...

Niveau 5 : les objets qui font appel à des spécifications de mise en œuvre (composants)

- Lot terrassement : par exemple pour un corps de remblai du niveau 4 : couche élémentaire...
- Lot génie civil : levées de bétonnage des pylônes et piles, armatures de béton armé, inserts...
- Mouvement des terres : c'est un processus, modélisés par des relations entre ouvrages de terrassement. Mais pour le visualiser, il est intéressant de découper l'ouvrage de terrassement en parties correspondant à un mouvement précis lorsque l'ouvrage est tributaire de plusieurs mouvements élémentaires

	L3 : Programme fonctionnel de la maquette numérique	Page 121 sur 132
	Livrables	Version du 03/12/10

Annexe 2 : Compte rendu de la tâche 4 : expérience-action in vivo

- Planification : c'est un ensemble de tâches, donc un processus, modélisés par des relations vers des ouvrages physiques. Pour le visualiser, il est intéressant de le découper en tâches et sous-tâches...
- Métrés : ce sont des attributs attachés à des ouvrages physiques. Pour le visualiser, il est intéressant de lier chaque attribut à un objet physique, ou à un système (assemblage d'objets physiques).

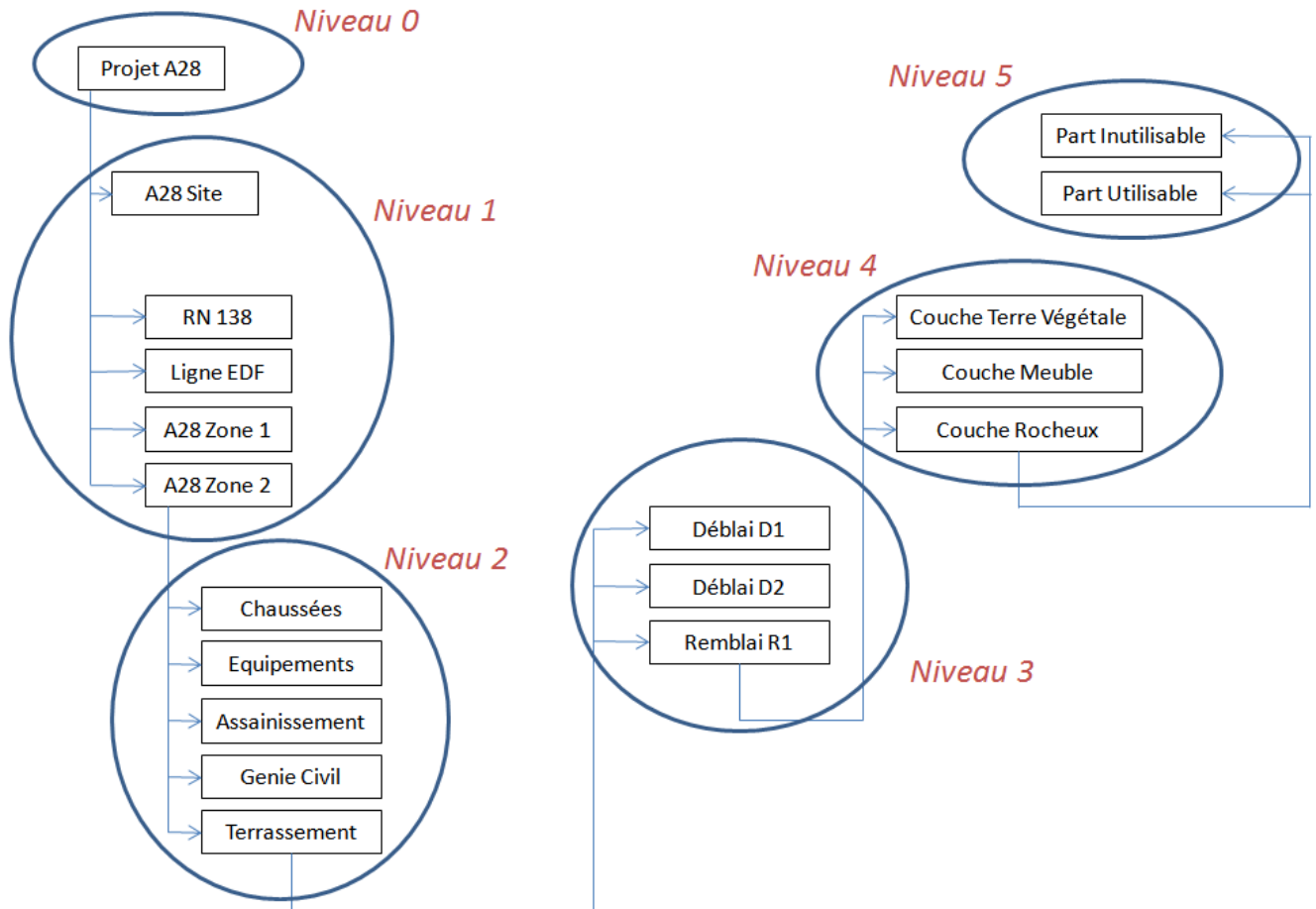


Schéma conceptuel

V – Correspondance entre objets IFC-INFRA et objets de standards existants**A - BATIMENT**

Lots principaux / Niveaux	Lots / Systèmes	Objets	Représentation	Ex Standard
Niveau 0 : le projet				
		Le projet : immeuble de bureaux		IFC 2X4 : IfcProject
Niveau 1 : les objets qui permettent d'assurer une fonction, un service attendu				
		Le <u>site</u> : la parcelle, son environnement		IFC 2X4 : IfcSite
		Le <u>bâtiment</u> , un référentiel	une géométrie « <i>bounding box</i> » pour représenter ses limites urbaines dans l'environnement	IFC 2X4 : IfcBuilding
Niveau 2 : les objets qui font appel à une nature de travaux, à un métier du secteur				
	Architecture spatiale	Les <u>étages</u> : un référentiel		IfcBuildingStorey
	Architecture spatiale	Les <u>locaux</u> :	une géométrie « <i>bounding box</i> » dans le référentiel de l'étage	IfcSpace, IfcZone
	Architecture de l'enveloppe	Les <u>façades</u> et le <u>toit</u> :	une géométrie enveloppe dans le référentiel	IfcWall, IfcCurtainWall, IfcRoof...



Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

			du bâtiment	<i>NB : Notion de façade n'existe pas en tant que telle dans les IFC</i>
	Architecture : les aménagements extérieurs	Les aménagements paysagers...		Ifc 2X4 : IfcFurnishingElement CityGML : Prototypic objects
	Lot structure : identification des porteurs et définition des fondations	<u>Fondations</u>		IfcFooting
	Lot structure : identification des porteurs et définition des fondations	<u>Poutres</u>		IfcBeam
	Lot structure : identification des porteurs et définition des fondations	<u>Poteaux</u>		IfcColumn
	Lots techniques	identification équipements par local et définition des gaines techniques verticales		
	Lots architecturaux : identification des équipements par local			Ifc 2X4 : IfcFurnishingElement
Niveau 3 : Les objets ouvrages élémentaires qui composent une même nature de travaux				
	Architecture	murs, cloisons, dalles, portes, fenêtres, escaliers		IfcBuildingElement
	Lot structure	modèle structural		IfcBuildingElement
	Lots techniques	modèle thermique, modèle acoustique		



Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

	Lots techniques	équipement par local, définition des réseaux		Ifc 2X4 : IfcFurnishingElement
	Lots architecturaux	équipement par local		Ifc 2X4 : IfcFurnishingElement
Niveau 4 : Les objets qui font appel à des dispositions constructives différentes				
	Coordination des interfaces entre divers lots			
	Lot structure	trémies, réservations et inserts pour les autres lots		IfcOpeningElement
	Lots techniques	détail des composants des réseaux		
	Lots architecturaux	doublages, revêtements par local		IfcCovering
Niveau 5 : les objets qui font appel à des spécifications de mise en œuvre				
	Lot structure	levées de bétonnage, armatures de béton armé		IfcStructuralAnalysisDomain
	Planification			IfcTask, IfcScheduleTimeControl
	Métrés			IfcElementQuantity, IfcPropertySet

B - PONT

Lots principaux / Niveaux	Lots / Systèmes	Objets	Représentation	Ex Standard
Niveau 0 : le projet				
		Le <u>projet</u> : un pont à haubans franchissant la		IfcProject



Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

		Seine à Honfleur pour le passage de véhicules routiers.		
Niveau 1 : les objets qui permettent d'assurer une fonction, un service attendu		Le <u>site</u> : sol support et son environnement		IfcSite
		Le <u>pont</u> : un référentiel, une géométrie comprenant la « <i>ligne rouge</i> » de la chaussée supportée et son gabarit routier		IfcBridge
		Le fleuve : un référentiel, une géométrie comprenant la ligne rouge et le gabarit de la passe		IfcReferenceCurve
		Les routes auxquelles l'ouvrage est relié sur les deux rives du fleuve		CityGML : TransportationObjects
Niveau 2 (pour le pont): les objets qui font appel à une nature de travaux, à un métier du secteur				
	Architecture : l'organisation de l'espace	Le tablier : un référentiel		IfcBridgeStructureElement (type = Deck)
	Architecture : l'organisation de l'espace	Les pylônes	une géométrie « <i>bounding box</i> » dans le référentiel du pylône	IfcBridgeStructureElement (type = Pylon)
	Architecture : l'organisation de l'espace	Les viaducs d'accès		IfcBridge ou IfcBridgeSegment
	Architecture : l'organisation de l'espace	Les piles		IfcBridgePrismaticElement
	Architecture : l'organisation de l'espace	Les culées		<i>A définir</i>

Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

	Architecture : l'organisation de l'espace	Les haubans		IfcBridgeStructureElement (type = Cable)
	Architecture : l'organisation de l'espace			
	Lot génie civil	les piles, pylônes et tabliers béton		Idem Architecture
	Lot construction métal- lique	le tablier métallique		IfcBridgeStructureElement ou IfcStructuralElement
	Lot haubanage	les objets physiques		IfcBridgeStructureElement (type = Cable)
	Lot précontrainte	globalement au tablier et aux pylônes		IfcBridgeElementDevice
	Lot fondations	les pieux par pylône ou pile		IfcFooting
	Lot Equipements	garde-corps, joint de chaussées, appuis de pont...		<i>A définir</i>
	Lot hydraulique	le système hydraulique, les bassins versants, et les zones de transparence à respecter,		IfcPlumbingFireProtection- Domain
	lot système d'exploita- tion:	l'organisation et les découpages en zone d'in- tervention, le niveau de service, etc...		IfcZone
	Niveau 3 : Les objets ouvrages élémen- taires qui composent une même nature de travaux			
	Lot génie civil	découpage du tablier haubané en fonction des espacements entre haubans, découpage des tabliers poussés en fonction du pous- sage ; découpage des pylônes en éléments fonctionnels (semelle, jambes, entretoise, fût, tête), découpage des piles en éléments fonc- tionnels (semelle, fût, chevetre)		IfcBridgeSegment, If- cBridgeSectionedSpine
	Lot construction métal- lique	découpage du tablier en fonction des espa- cements des haubans		



Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

	Lot haubanage	découpage en ancrage tablier, hauban, ancrage tête de pylône		
	Lot précontrainte	découpage en emplacements potentiels		IfcBridgeElementDevice
	Lot fondations			
	Lot Equipement			
	Niveau 4 : Les objets qui font appel à des dispositions constructives différentes			
	Coordination des interfaces entre divers lots			
	Lot Génie Civil	trémies, réservations et inserts pour les autres lots, gaines de précontrainte, ferrailage		IfcOpeningElement
	Niveau 5 : les objets qui font appel à des spécifications de mise en œuvre			
	Lot Génie Civil	levées de bétonnage des pylônes et piles, incidences sur armatures de béton armé		
	Planification			IfcTask, IfcScheduleTimeControl
	Métrés			IfcElementQuantity, IfcPropertySet

C - INFRASTRUCTURES

Lots principaux / Niveaux	Lots / Systèmes	Objets	Représentation	Ex Standard
AUTOROUTE A28		<i>Dans chacun des niveaux suivants, il est primordial de ne pas oublier les ouvrages</i>		



Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

		<i>provisoires, les déviations et rétablissements, les outils et les matériels nécessaires à la construction. Ce sont des objets qui ne constituent pas le projet par lui-même, mais qui sont indispensables pour assurer sa réalisation.</i>		
Niveau 0 : le projet				
		Le <u>projet</u> : une autoroute (<i>le produit final</i>) allant de A à B pour le passage de véhicules routiers. On définit la chaussée ; la géométrie associée est une ligne rouge simplifiée, le gabarit routier et l'emprise (le fuseau)). Le passage de véhicules est le <i>processus</i> principal, dont l'infrastructure est le support. On s'appuie sur de l'information géographique pour valider le fuseau.		
Niveau 1 : les objets qui permettent d'assurer une fonction, un service attendu				
		L'autoroute proprement dite, découpée en <u>tronçons</u> compte tenu de sa taille ; identification des <u>entrées</u> et des aires de <u>service</u>	la géométrie associée est une <u>ligne rouge</u> et un <u>gabarit</u>)	CityGML : TransportationObjects
		Le <u>site</u> : le terrain naturel (que l'on va modifier) dans l'emprise ; de l'information géographique hors de l'emprise pour l'impact sur l'environnement		lfcSite
		Les réseaux routiers auxquels les entrées sont raccordées		CityGML : TransportationObjects



Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

Niveau 2 : les objets qui font appel à une nature de travaux, à un métier du secteur				
	Lot chaussée	les diverses chaussées rattachées par ensemble à chaque entité du découpage de niveau 1		LandXML : TravelLane, Curb and gutter. → A mixer avec les concepts et les objets profilés (IfcBridgeSectionedSpine) développés pour IFC-Bridge.
	Lot terrassement	les ouvrages de terrassement rattachés au découpage de niveau 1		CityGML : Digital Terrain Model (DTM) → A compléter
	Lot génie civil	les ouvrages de génie civil (pont, tunnels, murs de soutènement, ouvrages hydrauliques...)		IFC-Bridge → Tunnels à développer
	Lot assainissement			
	Lot Equipements			
	Lot hydraulique	le système hydraulique, les bassins versants, et les zones de transparence à respecter,		IfcPlumbingFireProtectionDomain
	lot système d'exploitation:	l'organisation et les découpages en zone d'intervention, le niveau de service, etc...		IfcZone
	Lot système d'exploitation	découpage par site et type d'équipements : radio d'exploitation, CCTV, PMV, etc...		
Niveau 3 : Les objets ouvrages élémentaires qui composent une même nature de travaux				



Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

	Lot chaussée			LandXML : TravelLane, Curb and gutter. → A mixer avec les concepts et les objets profilés (IfcBridgeSectionedSpine) développés pour IFC-Bridge.
	Lot terrassement	découpage en ouvrages de décapage, déblai courant, remblai courant, ouvrage avec un profil mixte déblai-remblai, merlon, dépôt, emprunt, remblai contigu...		CityGML : Digital Terrain Model (DTM) → A compléter
	Lot génie civil	découpage des ouvrages d'art en pile, tablier, culées ; découpage des tunnels en tube principal, puits d'accès, inter-tubes...		IfcBridge. → Tunnels à développer
	Niveau 4 : Les objets qui font appel à des dispositions constructives différentes (produits)			
	Coordination des interfaces entre divers lots et définition des entités des interfaces			
	Lot terrassement	par exemple pour un remblai du niveau 3 : purge, couche drainante, corps de remblai,		CityGML : Digital Terrain Model (DTM) → A compléter
	Lot génie civil	par exemple pour un pont du niveau 3 : voussoir courant, voussoir sur pile, voussoir de clavage, câbles de précontrainte, appareils d'appuis...		IfcBridge...



Annexe 3 : Analyse de la transposition des IFC : Bâtiments, Bridges et Infrastructures

Niveau 5 : les objets qui font appel à des spécifications de mise en œuvre (composants)				
	Lot terrassement	par exemple pour un corps de remblai du niveau 4 : couche élémentaire...		CityGML : Digital Terrain Model (DTM) → A compléter
	Lot génie civil	levées de bétonnage des pylônes et piles, armatures de béton armé, inserts...		
	Mouvement des terres	c'est un processus, modélisés par des relations entre ouvrages de terrassement.	Pour le visualiser, il est intéressant de découper l'ouvrage de terrassement en parties correspondant à un mouvement précis lorsque l'ouvrage est tributaire de plusieurs mouvements élémentaires	A définir
	Planification	c'est un ensemble de tâches, donc un processus, modélisés par des relations vers des ouvrages physiques.	Pour le visualiser, il est intéressant de découper....	IfcTask, IfcScheduleTimeControl
	Métrés	ce sont des attributs attachés à des ouvrages physiques	Pour le visualiser...	IfcElementQuantity, IfcPropertySet