



Modélisation des INformations INteropérables
pour les INfrastructures Durables

Projet National MINnD

ETUDE IFC-IST DES TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE

UC8
Michel RIVES - Vianova
Claude Dumoulin - Consultant

R/17/MINND/016 LC/17/

MINND/127-128 Juillet

2017

Sommaire

Sommaire	2
1. Objet.....	4
2. Contexte du BIM et de la maquette numérique	5
2.1 Contexte	5
2.2 Objectifs.....	5
2.2.1 Une maquette numérique	5
2.2.2 Couplée à un observatoire de l'environnement.....	5
2.2.3 Ambitions	6
2.3 Cas d'usages envisagés	6
2.3.1 CU-1 : Définition, analyse et vérification de programme	6
2.3.2 CU-2 : Analyse du site	7
2.3.3 CU-3 : Modélisation et données du site	7
2.3.4 CU-4 : Communication et concertation.....	7
2.3.5 CU-5 : Outil d'aide à la décision	7
2.3.6 CU-6 : Revues de projet "métiers/thématiques"	7
2.3.7 CU-7 : Revue de projet et base de savoirs de fin de phase.....	7
2.3.8 CU-8 : Production des livrables (plans et illustrations).....	8
2.3.9 CU-9 : Gestion de configuration et intégration PLM.....	8
2.3.10 CU-10 : Métrés, quantitatifs et valeurs significatives.....	8
2.3.11 CU-11 : Synthèse géométrique et technique	8
2.3.12 CU-12 : Ordonnancement et planification (4D)	8
2.3.13 CU-13 : Maitrise des coûts (5D)	8
2.3.14 CU-14 : Contrôle de conformité aux exigences.....	9
2.3.15 CU-15 : Analyses (sûreté, sécurité, environnement, etc.).....	9
2.3.16 CU-16 : Gestion de flux	9
2.3.17 CU-17 : Ordonnancement et méthodes constructives	9
2.3.18 CU-18 : Réception – OPR / DOE / DIUO	9
2.3.19 CU-19 : Gestion des ouvrages et équipements	9
2.3.20 CU-20 : Analyse de performances	10
2.3.21 CU-21 : Gestion des espaces et des jouvences	10
2.3.22 CU-22 : Support à la logistique.....	10
2.3.23 CU-23 : Systèmes constructifs et préfabrication	10
2.3.24 CU-24 : Simulation numérique et essais virtuels.....	10
2.3.25 CU-25 : Immersion et formation	10
2.3.26 CU-26 : Interface « homme / machine / processus »	10
2.4 Niveau de maturité BIM, normes et standard d'interopérabilité	11

2.5	Documents et organisme de référence.....	11
3.	Spécifications de la prestation attendue	12
3.1	Poste 1 : Spécification des IDM (protocoles d'échange d'informations)	12
	Objectifs et expression de besoin :	12
	Livrable n°1 : IDM (protocoles d'échange d'Informations).....	13
3.2	Poste 2 : Définition d'un DD (dictionnaire de données).....	13
	Objectifs et expression de besoin	13
	Livrable n°2 : DD (dictionnaire exhaustif des données)	14
3.3	Poste 3 : Spécification des entités IFC, des objets naturels et des observations et paramètres environnementaux.....	15
	Objectifs et expression de besoin	15
	Livrable n°3 : IFC et standards de données environnementales (références, entités manquantes ou à amender)	16
3.4	Poste 4: Définition des MVD (entités restreintes par IDM)	17
	Objectifs et expression de besoin	17
	Livrable n° 4 : MVD (vues du modèle).....	17
3.5	Poste 5 : Rédaction d'un MOU (protocole d'accord)	18
	Objectifs & expression de besoin :	18
	Livrable n° 5 : MOU (protocole d'accord)	18
3.6	Poste 6 : Développement d'une DLL (bibliothèque de transcodage IFC)	18
	Objectifs et expression de besoins :.....	18
	Livrable n°6 : DLL (bibliothèque dynamique de traduction IFC).....	18
3.7	Poste 7 : Rédaction du rapport final de l'étude (Livrable n°7).....	19

1. Objet

Le présent Descriptif Technique & Scientifique (DTS) précise le détail des travaux à réaliser dans le cadre de l'Etude IFC-IST pour la spécification d'un formalisme IFC destiné à décrire les ouvrages et équipements d'une infrastructure souterraine (IST) intégrée dans son environnement naturel. Ce projet s'inscrit dans le contexte de la démarche BIM mise en œuvre pour le développement d'une phase PRO, en incluant les phases « transitoires » : fin d'AVP / début PRO et fin PRO / début Etude d'EXécution. Il propose également d'étendre le périmètre classique du BIM et s'intéresse à la modélisation de l'environnement de l'IST et des interactions ouvrages / environnement, et tout particulièrement des informations géologiques et géotechniques.

Les prestations à réaliser sont au nombre de 6 :

- ▶ d'une part des missions de spécifications (5):
 - des protocoles d'échange d'informations (IDM, *Information Delivery Manual*) ;
 - d'un dictionnaire de données (DD, *Data Dictionary*) pour préciser la sémantique des informations échangées ;
 - des entités nouvelles (ou amendées) requises pour décrire le modèle de données (IFC, *Industry Foundation Classes*) ;
 - des seules entités autorisées (restriction) pour décrire les informations d'un protocole d'échange associé à un cas d'usage donné (MVD, *Model View Definition*) ;
 - d'un protocole d'accord pour l'intégration des travaux dans la normalisation internationale BIM et OGC (MOU, *Memorandum Of Understanding*).
- ▶ d'autre part une mission de réalisation (1) :
 - du développement d'un transcuteur IFC (bibliothèque DLL, *Dynamic Link Library*) portant sur les nouvelles entités requises et permettant à des logiciels métier d'importer / d'exporter des fichiers d'échange au format IFC les contenant.

Ces prestations seront déclinées selon 2 sous-projets principaux :

- ▶ celles concernant les ouvrages et équipements d'une infrastructure souterraine ;
- ▶ celles liées à la modélisation de l'environnement naturel, intégrant les données géologiques et géotechniques.

Elles viseront à permettre d'assurer 26 cas d'usages principaux du BIM et de la maquette numérique, identifiés à ce stade et qui pourront être complétés/modifiés au démarrage de l'étude.

Ces cas d'usages, extraits d'une approche de démarche BIM d'une maîtrise d'ouvrage, ne sont pas à considérer comme un objectif à court terme de livrable de la présente étude, mais plutôt comme un guide des « filtres » d'échanges d'information qu'il sera possible d'intégrer pour les postes « MVD ». En ce sens, pour une phase PRO d'un projet d'infrastructures souterraines, la totalité des cas d'usages envisagés ne sera peut être pas tous adaptée. Il s'agira donc de faire un « tri » et d'en faire le plus possible, lorsque cela s'avérera nécessaire.

Il est également précisé, qu'à terme, la profession espère pouvoir bénéficier d'un standard interopérable pour toutes les phases d'un cycle de vie : de la programmation au démantèlement, et pour l'ensemble des types d'ouvrages (Terrassement, VRD, Bâtiments conventionnels, Bâtiments non conventionnels, Installations spécifiques, etc.)

Cependant, à court terme, le périmètre de l'Etude IFC-IST a été « restreint » d'une part aux ouvrages et équipements d'une infrastructure souterraine, et d'autre part pour une phase PRO.

2. Contexte du BIM et de la maquette numérique

2.1 Contexte

La constitution d'une maquette numérique d'un projet d'ouvrages et équipements d'une infrastructure souterraine incluant les interactions avec son environnement est devenue un enjeu important.

La mise en œuvre de ce type de projet induit la nécessité de faire travailler ensemble des équipes de maîtrise d'ouvrage, des maîtrises d'œuvre, des urbanistes, des paysagistes, des architectes, des bureaux d'études, des industriels, des entreprises et des exploitants. Ces différents acteurs du projet viennent de secteurs d'activité, disciplines, métiers, corps d'état, qui n'ont pas les mêmes méthodes de travail, ni les mêmes outils, et qui éprouvent des difficultés à communiquer, se comprendre et échanger des données.

2.2 Objectifs

BIM (Building Information Modelling) est un acronyme anglais que l'on traduit généralement en français par Modélisation des Informations de la Construction.

La norme ISO en propose la définition suivante (extraits) :

La modélisation d'informations de la construction propose une technologie numérique permettant de décrire et de présenter les informations requises dans la planification, la conception, la réalisation et l'exploitation d'installations du secteur de la construction, y compris les infrastructures civiles, les services publics et l'espace public. Cette approche de gestion des informations permet de rassembler les divers éléments d'information utilisés durant le cycle de vie du cadre bâti en un environnement d'informations commun, ce qui réduit, et souvent élimine, le besoin de disposer de nombreux types de documentation papier. [ISO 29481-1:2016(F)]

Ce même acronyme BIM est aussi utilisé pour faire référence au produit (Building Information Model), issu du processus (Building Information Modelling), c'est-à-dire au modèle d'informations lui-même ou Modèle d'Informations de la Construction. Par souci de clarté, on préférera désigner le modèle par Maquette Numérique de Projet (MNP).

2.2.1 Une maquette numérique

La MNP a pour objectif de constituer une base de données unique, géo-localisée et partagée entre tous les acteurs, tout au long du cycle de vie du projet, décrivant l'ensemble des ouvrages, équipements et dispositions constructives nécessaires à sa conception, sa construction, son exploitation, sa maintenance et sa déconstruction éventuelle.

Elle se doit d'être structurée selon la décomposition organique des ouvrages, être interactive, susceptible d'assurer la traçabilité de son évolution, interopérable et pérenne.

Elle doit contenir une description sémantique et géométrique (3D) de l'ouvrage fini, comme du séquençage de sa réalisation (4D), enrichie de l'ensemble des informations relatives aux composants du projet qu'elles soient d'ordre réglementaires, administratives, dimensionnelles, géométriques, performancielles, techniques, temporelles ou économiques.

Le formalisme IFC a lui pour objectif d'être la passerelle permettant aux outils logiciels (conception / simulation / analyse) des différents corps de métier impliqués dans le projet d'exploiter (alimentation / extraction) cette base de données, centralisée et cohérente.

2.2.2 Couplée à un observatoire de l'environnement

Dans un projet d'infrastructure, la connaissance de l'environnement (au sens environnants existants) constitue un enjeu important. Elle permet de mieux adapter et dimensionner l'ouvrage, choisir les matériaux à utiliser, anticiper les actions à prévoir pour sa construction ainsi que les moyens et méthodes constructives à mettre en œuvre pour mener à bien le projet.

Comme l'information « environnementale » est au cœur de la prise de décision, il semble important de pouvoir y accéder facilement et rapidement. Aussi il est proposé de constituer en parallèle de la

maquette numérique de l'ouvrage un observatoire de son environnement, rassemblant et regroupant toutes les données environnementales pertinentes pour construire l'ouvrage et suivre son évolution dans le temps. L'observatoire permettra aussi de voir sur quelles hypothèses environnementales les constructions sont réalisées en vue de prévoir des éventuels ajustements lors de la phase d'exécution. Ces informations concernent à la fois les données d'observation de base (forages, analyses,...), les modèles géologiques ou géotechniques, ou encore les mesures in situ issues de capteurs.

L'étude vise donc aussi à organiser le stockage et la délivrance des informations environnementales liées aux IST.

2.2.3 Ambitions

La MNP et le BIM mis en œuvre pour une infrastructure souterraine visent notamment à :

- ▶ Minimiser les risques en conception et améliorer sa qualité ;
- ▶ Permettre le travail collaboratif multi-acteurs / multi-métiers ;
- ▶ Réaliser la coordination et la synthèse selon un cycle court ;
- ▶ Assurer des échanges fiables entre acteurs ;
- ▶ Refléter l'actualité de la configuration du projet (avancement) ;
- ▶ Assurer la traçabilité (modifications / variantes) ;
- ▶ Générer des documents de synthèse ;
- ▶ Etre le support de la concertation externe avec les parties prenantes ;
- ▶ Etre le support de la gestion interne de configuration, des exigences et des performances ;
- ▶ Estimer plus rapidement le coût global de possession ;
- ▶ Vérifier et suivre plus simplement et rapidement les plannings ;
- ▶ Estimer plus rapidement les coûts et les délais engendrés par les modifications ;
- ▶ Améliorer la productivité durant la phase chantier ;
- ▶ Améliorer la performance en durabilité et qualité environnementale ;
- ▶ Constituer une base de données requêteable du « TQC » pour l'exploitant/mainteneur ;
- ▶ Aider à réduire les coûts d'exploitation et de maintenance.

2.3 Cas d'usages envisagés

La définition des cas d'usages fournie ci-dessous s'appuie sur la terminologie et le formalisme proposés dans le guide méthodologique pour des conventions de projets en BIM édité par Medi@construct (version 1 d'Avril 2016).

Un cas d'usage (CU) est une explicitation d'un processus intégrant des pratiques BIM, c'est-à-dire la description d'un processus donné d'exploitation d'un modèle BIM au cours du projet.

L'étude prévoit à ce jour 26 CU, les CU no 2 à 14 (2.3.2 à 2.3.14) étant à étudier en première priorité, les CU no 1 et 15 à 26 (2.3.1 et 2.3.15 à 2.3.26) en second lieu. Si nécessaire, on pourra imaginer de nouveaux CU, les regrouper ou les reformuler.

Il est important de rappeler que les CU sont **avant tout un moyen** d'identifier les informations échangées entre partenaires lors d'une étape du cycle de vie.

2.3.1 CU-1 : Définition, analyse et vérification de programme

Processus par lequel le programme de construction peut être défini, analysé, et utilisé en lien avec la (les) MNP(s) pour évaluer les performances du projet.

Ce processus porte sur l'analyse des exigences spatiales et le contrôle entre projet et ouvrage réalisé.

2.3.2 CU-2 : Analyse du site

Processus dans lequel la MNP est utilisée pour évaluer les propriétés d'une zone donnée en vue de déterminer l'emplacement du site le plus optimal pour le projet.

Ce processus de recueil et d'analyse de données a pour objectif de sélectionner le site et de positionner l'installation dans son environnement.

2.3.3 CU-3 : Modélisation et données du site

Processus portant sur l'acquisition, la collecte et le traitement de données sous forme de MNP décrivant l'environnement existant d'un projet. Ces données sont notamment les données foncières, cadastrales, cartographiques, orthophotoplans, topographiques, géotechniques, mesures issues de capteurs et observations ou relevés terrain, etc.

Trois types de données de sortie sont possibles :

- ▶ Modèle 3D : information géométrique réalisée à partir de relevés ;
- ▶ Maquette numérique : modèle 3D contenant des informations structurées sur l'existant ;
- ▶ Base de données alphanumériques : informations sur l'existant sans données géométriques.

2.3.4 CU-4 : Communication et concertation

Ce processus permet d'extraire des supports de communication, pouvant être utilisés à la fois en interne et en externe. La MNP constitue alors :

- ▶ d'une part un outil pédagogique au service de la compréhension du projet par un public large ;
- ▶ d'autre part un support de communication dans le cadre de la concertation avec différentes parties prenantes.

La MNP peut être utilisée pour créer des illustrations et des films d'animations ainsi que pour illustrer l'intégration du projet dans son environnement ou pour s'immerger virtuellement dans le projet. Ceci à des fins de vulgarisation du sujet mais aussi dans une démarche de concertation et d'acceptation en présentant notamment les variantes et possibilités d'aménagement.

2.3.5 CU-5 : Outil d'aide à la décision

Processus durant lequel la MNP est utilisée pour s'immerger virtuellement dans le projet. Basées sur les technologies de la réalité virtuelle et augmentée, ces solutions permettent de faciliter et fiabiliser la prise de décisions.

Ce processus permet, même à des non-experts de la lecture de certains documents techniques (décisionnaires, riverains, futurs usagers, pompiers...), de s'approprier le projet (en termes d'espace, d'ergonomie, de confort d'utilisation, principe de fonctionnement, etc.).

2.3.6 CU-6 : Revues de projet "métiers/thématiques"

Processus dans lequel les parties intéressées s'appuient sur des MNP pour évaluer (en vue de valider) plusieurs aspects spécifiques du projet. Ces aspects du projet sont évalués en fonction des métiers impliqués dans le processus.

Le processus de revue de projet, et en particulier les rôles des contributeurs, doit être défini en prenant en compte les types de contrats et les phases de développement. Les rôles des contributeurs peuvent donc évoluer en fonction des phases.

2.3.7 CU-7 : Revue de projet et base de savoirs de fin de phase

Examen systématique et critique, entrepris tout au long du cycle de vie du projet de construction, pour vérifier la pertinence, l'adéquation et l'efficacité des résultats des activités du projet par rapport à ses objectifs. Il s'agit d'une étape permettant la prise de décision, la validation des éléments du projet et de constitution d'une base de documents et de savoirs de fin des phases du cycle de vie (ESQ, APS, APD, PRO, EXE, TQC, DOE).

A chacune de ces étapes la revue de projet a pour but d'aider le responsable du projet et les principaux intervenants (internes et/ou externes au projet) à :

- ▶ Evaluer la conformité aux exigences, aux besoins, à la qualité, aux délais et aux coûts ;
- ▶ Vérifier la cohérence technique (données et contraintes) ;
- ▶ Statuer sur la validité des éléments techniques par rapport aux exigences contractuelles ;
- ▶ Identifier les problèmes et proposer des solutions ;
- ▶ Engager des actions correctives ou préventives, en cas de dérives ou d'insuffisances ;
- ▶ Vérifier la conformité de l'étude, puis de la réalisation avec le contrat ;
- ▶ Matérialiser le passage à l'étape suivante ;
- ▶ Décider de franchir le jalon correspondant..

2.3.8 CU-8 : Production des livrables (plans et illustrations)

Processus par lequel la MNP est utilisée pour en extraire des livrables (illustrations, plans, feuille de calculs Excel, fichiers pour l'impression 3D, vidéos, etc.) tout au long du cycle de vie de l'ouvrage.

Ces livrables sont donc en conformité avec la MNP et en cohérence entre eux. La saisie d'informations complémentaires sur ces livrables peut être nécessaire si elles ne sont pas contenues dans la maquette numérique.

La traçabilité des livrables ainsi que le statut contractuel des données (visas) seront conformes aux processus de la gestion documentaire.

2.3.9 CU-9 : Gestion de configuration et intégration PLM

Processus par lequel sont vérifiées la conformité des MNP avec les exigences de la gestion de configuration et leur intégration dans le PLM.

2.3.10 CU-10 : Métrés, quantitatifs et valeurs significatives

Processus par lequel des quantités sont extraites des éléments de la MNP. Ces extractions prennent la forme de données organisées en nomenclatures, en catégories d'objets, par valeurs significatives.

Par extension, le processus s'applique aussi aux données environnementales et permet de récupérer les dernières mesures / observations.

2.3.11 CU-11 : Synthèse géométrique et technique

Processus par lequel sont vérifiées la coordination et la cohérence spatiale, réglementaire, technique et temporelle de plusieurs éléments d'une même discipline et de plusieurs disciplines entre elles, au moyen des MNP.

Le but de ce processus est de détecter les incohérences (conflits / gabarits / réservations) et d'accompagner leur gestion jusqu'à leur résolution avec les acteurs concernés (via formalisme BCF).

2.3.12 CU-12 : Ordonnement et planification (4D)

Processus par lequel on associe à la MNP le séquençage des opérations et un planning de type GANTT. La 4D est utilisée pour planifier la phase de réalisation et envisager ses optimisations, comme en support aux revues de constructibilité/montage.

La MNP 4D permet une compréhension de la configuration d'un espace à un instant donné pour toute étape de réalisation du projet, sur une zone particulière ou pour un ouvrage/équipement particulier.

2.3.13 CU-13 : Maitrise des coûts (5D)

Processus dans lequel une MNP est utilisée pour évaluer et suivre le coût d'un projet dans ses différentes phases (Estimations, Etudes de prix, Suivi des coûts durant les phases de conception et de construction, Suivi des coûts pendant la phase d'exploitation et de maintenance, Suivi des coûts de

démantèlement/fermeture).

2.3.14 CU-14 : Contrôle de conformité aux exigences

Processus dans lequel la MNP est utilisée afin de contrôler si le projet conçu respecte les exigences dictées au programme du Maître d'Ouvrage et/ou à des contraintes réglementaires (code d'urbanisme, accessibilité handicapés, sécurité incendie, etc.).

2.3.15 CU-15 : Analyses (sûreté, sécurité, environnement, etc.)

Processus par lequel la MNP est utilisée comme source de données (entrants) pour les calculs, les simulations ou analyses (énergétiques, structurelles, environnementales, sismiques, radioprotection, THM, incendie) et comme stockage de leurs résultats (sortants).

Ce processus peut impliquer d'enrichir la MNP avec des informations analytiques.

2.3.16 CU-16 : Gestion de flux

Processus dans lequel la MNP est utilisée pour analyser, simuler, et présenter des flux

2.3.17 CU-17 : Ordonnancement et méthodes constructives

Processus par lequel sont assurées le séquençage, la coordination et la synthèse des dispositions constructives des différents corps d'état en intégrant leurs MNP respectives.

Ce processus peut impliquer :

- ▶ Coordonner et organiser entre eux les différents interlocuteurs métiers en intégrant les ouvrages provisoires et leurs méthodologies de construction ;
- ▶ En phase de réalisation :
 - mettre en place des cotations entre les éléments de différents métiers pour faciliter l'industrialisation et l'assemblage des composants et des produits manufacturés fabriqués en usine ;
 - mettre en place des contrôles qualité par des rapprochements entre la géométrie des ouvrages exécutés et équipements installés et les géométries prévues dans les modèles numériques notamment ceux de conception ;

2.3.18 CU-18 : Réception – OPR / DOE / DIUO

Processus par lequel les OPR (Opérations Préalables à la Réception) sont effectuées en s'appuyant sur les MNP de l'ouvrage pour formaliser, suivre et lever les réserves en vue de la Réception de l'ouvrage par le Maître d'Ouvrage.

Processus par lequel le DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) et le DIUO (Dossier d'Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage) sont produits à partir des MNP et remis au Maître d'Ouvrage.

2.3.19 CU-19 : Gestion des ouvrages et équipements

Processus par lequel les ouvrages physiques, systèmes techniques, équipements et éléments de l'environnement sont définis, maintenus, mis à jour en cas de modification, et servent la gestion opérationnelle et maintenance préventive.

Le système de gestion et de maintenance (GMAO) de l'installation est lié de manière bidirectionnelle à une MNP «TQC» des ouvrages et équipements. Ces données doivent servir à l'exploitant/mainteneur pour optimiser les coûts, la manœuvrabilité et le niveau opérationnel.

Ce processus de gestion de données pour l'exploitation et la maintenance assiste les prises de décision financière, la planification de l'exploitation à court et long terme, et la génération de planning opérationnel pour les équipes de maintenance.

Ce processus peut également impliquer la gestion des *built assets* (actifs) avec les MNP. Il utilise les données pour alimenter un système de gestion des *built assets*, dont l'objectif est de :

- ▶ Déterminer les incidences financières de modification ou mise à niveau des *built assets* ;
- ▶ Séparer les coûts des immobilisations à des fins fiscales financières ;
- ▶ Maintenir à jour une base de données de ces *built assets* en lien avec la MNP.

2.3.20 CU-20 : Analyse de performances

Processus qui confronte la performance d'un ouvrage fini avec ses équipements à celle initialement spécifiée. Cela comprend le fonctionnement des systèmes.

Cette analyse peut aussi comprendre, sans que ce soit exhaustif, les études de ventilation, la consommation d'énergie, l'analyse de l'éclairage, la simulation des mouvements d'air internes et externes à l'aide de logiciels de Mécanique des Fluides Numériques (MFN) ou CFD (*Computational Fluid Dynamics*), l'analyse solaire, et toute autre analyse modélisée.

2.3.21 CU-21 : Gestion des espaces et des jouvences

Processus dans lequel la MNP est utilisée pour répartir efficacement, gérer et suivre les espaces appropriés et les ressources connexes dans une installation.

Ce processus permet d'analyser l'utilisation actuelle de l'espace, de planifier des transitions vers des changements applicables, gestion des emménagements et déménagements. Ce processus s'applique à la rénovation/extension d'un projet où des segments resteront occupés.

2.3.22 CU-22 : Support à la logistique

Processus par lequel sont assurées la synthèse et la coordination de la logistique afférentes aux différents métiers impliqués en intégrant leurs MNP respectives. Ce processus peut impliquer de :

- ▶ Assurer le suivi logistique des métiers et des matériels nécessaires à leur mise en œuvre ;
- ▶ Permettre à chaque métiers de gérer ses propres fabrications et approvisionnements ;
- ▶ Assurer le suivi du tri et de l'évacuation des déchets de chantier ;
- ▶ Assurer le suivi de l'évacuation des matériels qui ont nécessaires au chantier;
- ▶ Mettre en place des revues de projet inter-métiers sur les aspects logistiques ;
- ▶ La gestion en MNP de la logistique peut impliquer la gestion des informations de suivi des composants/matériels (« en fabrication », « en commande », « livré sur chantier »...);

2.3.23 CU-23 : Systèmes constructifs et préfabrication

Processus par lequel sont définies les dispositions constructives des ouvrages et identifiés les moyens correspondants à mettre en place, en gérant la préfabrication des composants.

2.3.24 CU-24 : Simulation numérique et essais virtuels

Processus permettant de préparer les opérations de qualification d'un système.

Les capacités de simulation acquises pendant le développement du projet optimisent l'exploitation. La virtualisation intégrale des équipements pour des essais systèmes permet d'anticiper.

2.3.25 CU-25 : Immersion et formation

Processus permettant d'utiliser la MNP comme support (interactivité directe) ou source (via des produits dérivés telle que salle immersive) à l'appréhension par le personnel (dans une réalité virtuelle anticipée du projet) de ses conditions d'intervention, à des fins de formation.

2.3.26 CU-26 : Interface « homme / machine / processus »

Processus dans lequel la MNP est utilisée comme aide à la conception, la simulation et la validation de l'ergonomie des postes de travail.

2.4 Niveau de maturité BIM, normes et standard d'interopérabilité

L'ambition est de passer du niveau de maturité BIM courant et accessible à ce jour (estimé entre BIM Niveau 1 et BIM Niveau 2) à un équivalent BIM Niveau 3 (conception multidisciplinaire concourante) pour les CU de 1 à 14.

Les normes applicables sont : AFNOR/PPBIM NF PR XP 07-150, ISO 16739 (IFC), ISO 29481 (IDM) et ISO 12006 (IFD).

A ce jour, les standards d'interopérabilité et d'open BIM choisis par l'Etude sont : IFC, LandXML et CityGML. Ils devront permettre des flux de travail ouverts et de collaboration entre les contributeurs BIM, quels que soient les outils logiciels qu'ils utilisent.

La description de l'environnement direct de l'IST, l'expression des paramètres environnementaux ainsi que les propriétés attachées font, quant à elles, appel à d'autres protocoles et standards dédiés. Dans ce domaine, on peut notamment citer les travaux portés par l'ISO TC 211 (GML), ainsi que les standards spécifiés par l'Open Geospatial Consortium (OGC).

Pour les données propres à la géologie, on peut notamment citer GeoSciML et EarthResourceML. spécifiés par le CGI-IUGS.

2.5 Documents et organisme de référence

Les éléments présentés sont appuyés sur les recherches réalisées par le projet national MINnD et notamment l'UC3 et l'UC4, ainsi que du guide méthodologique pour des conventions de projets en BIM de Medi@construct (version 1 d'Avril 2016).

- ▶ <http://www.minnd.fr/>
- ▶ <http://www.mediaconstruct.fr/>
- ▶ <http://www.buildingsmart-tech.org/>

Le projet s'appuie aussi sur les normalisations ISO / TC 59 / SC 13 (BIM) et CEN / TC 442 (BIM).

Les autres références sont :

- ▶ <https://fr.wikipedia.org/> (définitions de l'interopérabilité et de l'ontologie)
- ▶ <http://www.objectif-bim.com/> (définitions BIM et niveaux de maturité)

3. Spécifications de la prestation attendue

La prestation attendue est organisée en 7 postes :

- ▶ Poste 1 : spécification des IDM ou protocoles d'échange (Information Delivery Manual) ;
- ▶ Poste 2 : spécification d'un DD ou dictionnaire de données (Data Dictionary) ;
- ▶ Poste 3 : spécification des entités nouvelles/amendées notamment IFC (Industry Foundation Classes) ;
- ▶ Poste 4 : spécification des MVD ou entités restreintes pour un IDM (Model View Definition) ;
- ▶ Poste 5 : rédaction d'un MOU ou protocole d'accord pour la normalisation BIM internationale ;
- ▶ Poste 6 : développement d'une DLL ou transcuteur IFC (Dynamic Link Library) ;
- ▶ Poste 7 : rédaction du rapport final de l'étude.

Chacun des 4 premiers postes sera décliné en 2 sous-projets :

- ▶ Sous-projet 1 : les ouvrages de génie civil et les équipements souterrains ;
- ▶ Sous-projet 2 : extensions pour les informations environnementales et plus particulièrement relatives à la géologie et la géotechnique.

Leurs périmètres seront ceux des 26 cas d'usages principaux identifiés à ce stade par l'étude.

Ils devront également prendre en compte les exigences de la gestion de configuration d'un projet d'infrastructure souterraine et de la gestion documentaire intégrée dans un PLM.

Ils seront à réaliser en conformité avec les normes BIM issues des comités ISO/TC 59/SC 13 et CEN/TC 442 et de leurs évolutions durant le projet.

L'objectif fixé est que les livrables objets de la prestation soient disponibles avant le second semestre 2018.

3.1 Poste 1 : Spécification des IDM (protocoles d'échange d'informations)

Objectifs et expression de besoin :

L'objet de ce poste est d'identifier les entités nécessaires pour décrire les échanges d'information requis par les cas d'usages identifiés. Pour cela, l'expert décrit dans son langage naturel (de façon littérale) les informations échangées et leurs relations entre elles, sans non-dits.

Un protocole d'échange d'informations (IDM, Information Delivery Manual) aide à obtenir une compréhension commune des processus impliqués dans tout le développement du cycle de vie d'un projet de construction, y compris des informations requises et des résultats de l'exécution de ce processus. Ceci s'applique à toute activité qui entraîne un échange d'informations.

La norme ISO 29481 définit une méthodologie permettant de produire un document de référence intégré qui décrit les processus et les données nécessaires au développement ou à la gestion d'une construction. Elle explique comment identifier et décrire les processus entrepris dans ce contexte, les informations requises pour leur exécution, ainsi que les résultats.

En bref, la norme donne une base pour un échange/partage d'informations fiable entre les utilisateurs, afin qu'ils puissent avoir confiance en la précision des informations qu'ils reçoivent et en leur adéquation aux activités qu'ils doivent réaliser. Le développement de la norme a été guidé par le besoin de fiabilité dans les échanges d'informations nécessaires aux utilisateurs.
[ISO 29481-1:2016(F)]

Pour plus d'informations, on consultera le document IDMC 004 "Information Delivery Manual, Guide to Components and Development Methods" qui sera mis à disposition sur la plateforme MINnD ultérieurement..

Livrable n°1 : IDM (protocoles d'échange d'Informations)

Ce livrable définira les spécifications des IDM associés aux cas d'usages identifiés par l'Etude, qui doivent détailler les informations indispensables aux différents acteurs, dans le vocabulaire et avec les concepts des parties prenantes, dans la phase PRO d'un projet d'Infrastructure Souterraine. Il s'appuiera également sur les documents de référence, tels que la nomenclature des parties d'ouvrages en tunnel, le fascicule n° 69 du CCTG pour les travaux souterrains et tous autres documents adaptés.

Les objectifs du livrable sont d'explicitier pleinement et de manière exhaustive la totalité des processus liés.

L'approche consistera à prendre tout d'abord un axe de désintégration-intégration, intuitif pour les professionnels des infrastructures souterraines, qui détaille les composants du projet selon trois vues :

- ▶ la vue opérationnelle (le pourquoi : quels sont les besoins que le projet doit satisfaire)
- ▶ la vue fonctionnelle (le quoi : que doit faire le projet) ;
- ▶ la vue organique (le comment : de quoi le projet est-il composé pour y répondre).

Les objectifs seront notamment d'avoir une description :

- ▶ organique des infrastructures, et également des éléments descriptifs de l'environnement physique dans lequel l'infrastructure doit s'intégrer ;
- ▶ fonctionnelle des infrastructures, et intégrant les modélisations fonctionnelles du stockage ;
- ▶ opérationnelle des ouvrages et équipements.

Il est proposé de constituer une IDM principale pour les échanges d'informations descriptives de l'ouvrage, à laquelle sera greffée (en divers points) une IDM secondaire pour les échanges d'informations descriptives du sous-sol. Cette dernière pourra être décrite dans un formalisme différent de la première.

Livrable n°1.1 : IDM principale pour les données descriptives des ouvrages de génie civil souterrains (Sous-projet 1)

Livrable n°1.2 : IDM secondaire pour la géologie et la géotechnique (Sous-projet 2)

A titre informatif, on consultera l'exemple illustratif d'IDM mis à disposition sur la plateforme MINnD.

3.2 Poste 2 : Définition d'un DD (dictionnaire de données)

Objectifs et expression de besoin

Partant des entités définies précédemment, l'objet de ce poste est d'identifier le vocabulaire nécessaire pour décrire de façon unique les informations décrivant ces entités. C'est ce qu'on appelle la sémantique. La norme ISO 12006 décrit le format du dictionnaire.

Le format IFC vise l'interopérabilité entre différents logiciels métiers. Le dictionnaire est la base de la sémantique métier permettant un échange "*machine readable*" (meta-data). Les logiciels peuvent comprendre le contenu de l'échange et ne nécessitent pas une interprétation humaine.

L'objet d'un dictionnaire est d'identifier les concepts et de leur associer un vocabulaire permettant de définir ces concepts de façon unique et non ambiguë. Il est constitué d'une bibliothèque d'objets et d'informations attributaires, et décrit aussi les relations entre les objets ainsi que leurs propriétés.

La structuration du dictionnaire attendu identifiera les niveaux de détails des entités. De plus il devra satisfaire à l'arborescence d'articles de configuration et à leur gestion documentaire dans un PLM.

Livrable n°2 : DD (dictionnaire exhaustif des données)

L'objectif de ce livrable est de créer un dictionnaire de données (*Data Dictionary*) dans le domaine des infrastructures souterraines et des conditions géologiques dans lesquelles elles se développent.

A partir des IDM établis au Poste 1, il s'agit d'identifier, dans une synthèse hiérarchisée et exhaustive, les objets et informations attributaires nécessaires et suffisantes au développement de la phase PRO d'un projet d'IST. Ce livrable définira donc le découpage des modèles par articles de configuration.

Exemples de découpage des modèles :

- ▶ Segmentation en Métiers :
 - Liste des disciplines ;
 - Liste des lots, macro-lots.
- ▶ Segmentation en Zones :
 - Aménagements de surface (conventionnels) ;
 - Aménagements de surface (non conventionnels) ;
 - Ouvrages souterrains (conventionnels) ;
 - Ouvrages souterrains (non conventionnels).
- ▶ Segmentation par Phasage :
 - Ouvrages provisoires ;
 - Construction ;
 - Exploitation ;
 - Maintenance

La codification des objets et informations des modèles sera établie selon une classification normalisée telle que :

- ▶ Omniclass ;
- ▶ Uniclass ;
- ▶ Uniformat II ;
- ▶ Working Breakdown Structure ;
- ▶ Product Breakdown Structure ;
- ▶ Geographical Breakdown Structure ;

Les modèles et les objets qui les composent devront faire référence au système de géo-référencement commun, à savoir le système RGF93 (planimétrie) et NGF (altimétrie).

Le livrable définira également les unités de mesure, les précisions et les arrondis éventuels.

Il permettra également d'identifier les liens pouvant exister entre les objets des modèles et des bases de données externes, telles que : arborescence produit, arborescence fonctionnelle, allotissement de marché, trame de décomposition des prix, tables SIG, liste des ouvrages, liste des équipements, fiche de faces, programme immobilier, fiches espace, fiches de locaux, CCTP, modèles analytiques, bases de données industrielles, d'ouvrages, de produits, rapports de visite, audit de structure...

Ces liens entre objets du modèle et une base de données peut-être de type : lien dynamique, en import, en export, bijectif.

Le livrable attendu contiendra à minima les chapitres suivants :

- ▶ Liste hiérarchisée et exhaustive des expressions de besoins issues des CU ;
- ▶ Dictionnaire des données ou *Data Dictionary* (tableau Excel ou autre).

Tout comme pour le Poste 1, il est proposé de constituer un dictionnaire de données principal pour les ouvrages de génie civil souterrains ainsi qu'un dictionnaire de données secondaire propre aux données environnementales.

Le dictionnaire principal fera référence au dictionnaire secondaire qui lui pourra être exprimé dans un format différent afin de garantir une interopérabilité avec les autres dictionnaires du domaine environnemental.

Livrable n°2.1 : DD principal pour les ouvrages de génie civil souterrains (Sous-projet 1)

Livrable n°2.2 : DD secondaire pour la géologie et la géotechnique (Sous-projet 2)

A titre informatif, on consultera l'exemple illustratif de DD mis à disposition sur la plateforme MINnD.

3.3 Poste 3 : Spécification des entités IFC, des objets naturels et des observations et paramètres environnementaux

Objectifs et expression de besoin

L'objet premier de ce poste est de spécifier les entités nécessaires pour décrire les échanges d'informations requis par les cas d'usages. Il s'agit d'étudier les entités existantes, vérifier leur adéquation aux besoins du projet et proposer les évolutions nécessaires.

Pour les données liées au bâti et à la construction :

Partant de la description de l'expert en langage naturel (IDM) des informations échangées et de leurs relations entre elles, on décrit des entités au format IFC, qui viennent compléter celles existantes et décrites dans la norme ISO 16739.

Ce poste vise la définition de l'ensemble des spécifications IFC nécessaires pour la phase PRO d'un projet d'IST.

La méthode proposée consiste à :

- rechercher dans un premier temps les entités IFC existantes éligibles ;
- évaluer leur adéquation aux entités souhaitées ;
 - soit usage en l'état ;
 - soit enrichissement (attribut, propriété) ;
 - soit nouvelle entité.

Les entités IFC dérivent toutes d'une entité racine (*Root*) qui a pour attributs les concepts fondamentaux, à savoir un identifiant unique, un propriétaire et un suivi des modifications.

Trois types d'entités dérivent de l'entité *IfcRoot*, formant le premier niveau de spécialisation dans la hiérarchie des classes IFC :

- **Objects** : qui sont la généralisation de toute chose décrite sémantiquement dans le modèle ;
- **Relations** : qui sont la généralisation de toutes les relations entre choses, et traitées comme des relations entre objets dans le modèle IFC ;
- **Properties** : qui sont la généralisation de toutes caractéristiques pouvant être attribuées aux objets.

Un objet est une entité abstraite définissant tout item physiquement tangible, comme un voussoir ou un radier, tout item physiquement existant, comme une galerie, tout item conceptuel, comme un alignement ou des limites virtuelles. Il peut aussi définir un processus, comme des tâches, un contrôle, comme un coût, une ressource, comme des ouvriers, ou un acteur, comme la personne impliquée dans un processus de conception ou de construction ou d'exploitation.

Un objet tire ses informations de contexte des relations dans lesquelles il est impliqué. En particulier des propriétés lui sont affectées par des relations spécifiques.

Par exemple, un voussoir (*IfcSegment*) dérive de *IfcRoot*⇒*IfcObject*⇒*IfcProduct*⇒*IfcCivilElement*. Le voussoir est positionné dans le repère local d'un espace (galerie, anneau), une géométrie est définie dans ce repère local, en utilisant un ensemble de géométries prédéfinies dans le modèle IFC.

Un ensemble de propriétés prédéfinies sont disponibles. D'autres propriétés peuvent être créées si nécessaire.

Les relations avec les objets environnants sont décrites : extrados de creusement, connexion avec galeries adjacentes, aboutement sur paroi moulée ou tympan, passage de conduites ou d'un chemin de câbles ; gabarit de déplacement d'un chariot.

Ce poste a aussi pour objectif de satisfaire aux exigences liées à la certification de ces classes, objets, relations, ressources, propriétés et extensions pour leur intégration formelle et officielle dans la version future des IFC (ISO 16739).

Ces prestations s'appuieront sur la notion d'ontologie du domaine des infrastructures souterraines pour standardiser le vocabulaire, uniformiser le langage d'échange entre les différents acteurs, comparer les différents systèmes, structurer la connaissance pour en simplifier l'analyse, la synthèse des connaissances, et spécifier un contexte¹.

Pour les données environnementales :

Dans le même principe que les données de construction, les différents objets, relations et propriétés liées à la description et la qualification de l'environnement s'appuieront sur les standards du domaine.

Ces derniers seront étudiés, et des améliorations seront proposées en vue de les enrichir et permettre de couvrir les besoins du projet.

Pour plus d'informations, on consultera l'exemple illustratif d'IFC mis à disposition sur la plateforme MINnD.

Livrable n°3 : IFC et standards de données environnementales (références, entités manquantes ou à amender)

L'objectif de ce livrable est la définition de la liste exhaustive des entités existantes et manquantes pour la conception en phase PRO d'un projet d'IST.

A partir des IDM définis au Poste 1 : Spécification des IDM (protocoles d'échange d'information), ce livrable définira la liste exhaustive des objets composant une infrastructure souterraine et les conditions géologiques et géotechniques dans lesquelles il se développe.

L'analyse portera sur les différents standards existants et les différentes entités IFC existantes et notamment les formats et standards de géologie/géotechnique, CityGML, LandXML, InfraModel, IFC-Alignment, IFC-Road, IFC-Rail, IFC-Bridge, IFC-Shield Tunnel Project (Yabuki et al. 2007, Yabuki, 2008, Japon) et IFC-Tunneling Project (Hegemann et al. 2012, Allemagne).

Le livrable établira la liste exhaustive :

- des entités existantes éligibles,
- des entités existantes à amender/compléter en détaillant leurs attributs,
- des entités manquantes à développer, en détaillant leurs attributs.

Livrable n°3.1 : IFC pour les ouvrages de génie civil souterrains (Sous-projet 1)

Dans le même principe, il sera proposé une liste exhaustive des standards descriptifs des entités environnementales pertinentes avec des propositions d'amendements/compléments.

Les standards de référence dans le domaine sont ceux de l'ISO TC211, de l'OGC et du CGI-IUGS.

Livrable n°3.2 : entités descriptives de la géologie et la géotechnique (sous-projet 2)

Pour plus d'informations, voir l'exemple illustratif d'IFC mis à disposition sur la plateforme MINnD.

¹Source : Thèse SIGA3D Clément Mignard 13/11/2012

3.4 Poste 4: Définition des MVD (entités restreintes par IDM)

Objectifs et expression de besoin

L'objet de ce poste est de spécifier les entités nécessaires pour décrire les échanges d'information requis par chaque cas d'usage. Partant de la description faite par l'expert en langage naturel (IDM) des informations échangées et de leurs relations entre elles, on spécifie les **seules entités IFC autorisées** dans le cadre d'un cas d'usage donné.

C'est ce qu'on appelle un MVD (*Model View Definition*) qui est en fait une restriction du modèle IFC pour satisfaire au cas d'usage particulier.

Une définition de vue ou de Modèle de Vue (MVD, *Model View Definition*) définit un sous-ensemble du schéma IFC nécessaire et suffisant pour satisfaire aux exigences d'un Echange. La méthode proposée par buildingSMART est celle du Protocole d'Echange d'Information (IDM, *Information Delivery Manual*) décrit dans la norme ISO 29481 [source *buildingSMART International*]

A noter cependant qu'à ce jour les MVDs ne sont pas complètement normés. La méthodologie sera décrite dans un complément de la norme ISO 29481. Les MVDs seront normés dans des compléments de la norme ISO 16739 (IFC).

En résumé, pour un Protocole d'Echange d'Informations donné, un MVD définit les entités IFC autorisées ainsi que leurs attributs qui ne peuvent être qu'obligatoires ou interdits. Dans les attributs sont inclus les attributs "inverses" relatifs aux relations entre entités.

A ce jour, il existe peu de MVDs reconnus par buildingSMART. Ils sont trop génériques, et donc complexes à mettre en œuvre et peu efficaces.

Pour plus d'informations, on consultera l'exemple illustratif de MVD mis à disposition sur la plateforme MINnD.

Livrable n° 4 : MVD (vues du modèle)

Livrable n°4.1 : MVD pour les ouvrages de génie civil souterrains (Sous-projet 1)

MVD pour les IFC

L'objectif de ce livrable est la définition de sous-ensembles (MVD) du schéma IFC pour satisfaire aux exigences de l'échange (modèles/données/attributs) pour les cas d'usages concernés.

C'est la traduction des IDM en termes IFC pour définir les filtres et mécanismes à implémenter dans les traducteurs IFC qui sont les interfaces entre les logiciels de modélisation/analyse/visualisation et les fichiers d'échange au format IFC.

Ce livrable devra permettre que, pour un cas d'usage concerné, les objets et attributs définis dans le dictionnaire de données (Data Dictionary), ainsi que les processus associés définis dans le protocole d'échange d'informations (IDM) soient contenus dans un fichier d'échange IFC cohérent.

Livrable n°4.2 : MVD pour la géologie et la géotechnique (Sous-projet 2)

MVD pour les données géologiques – géotechniques et environnementales

Dans le même principe, un MVD sera réalisé pour les données environnementales. Ce MVD répond aux mêmes objectifs que celui pour les IFC à ceci près qu'il pourra s'appuyer sur un format jugé plus approprié au cours du projet.

Le MVD permettra de définir des requêtes précises ainsi que les paramètres acceptés permettant d'accéder aux données et informations géologiques – géotechniques et environnementales requises à chaque étape et pour chaque use case du projet.

3.5 Poste 5 : Rédaction d'un MOU (protocole d'accord)

Objectifs & expression de besoin :

L'objectif est de permettre de définir une convention multilatérale avec le projet MINnD, Medi@construct, buildingSMART International et l'OGC, afin d'établir une convergence d'intention entre les différentes parties, et d'indiquer un plan d'action commun. L'objectif final de cette convention étant l'intégration dans des nouvelles entités IFC, du *Data Dictionary*, des IDMs et MVDs du présent document dans ceux de buildingSMART International et de l'OGC pour une norme internationale d'échange.

Livrable n° 5 : MOU (protocole d'accord)

L'objectif de ce livrable sera donc de constituer le canevas à suivre pour développer les normes IFC pour les infrastructures souterraines. Il recensera les initiatives en cours à l'échelle mondiale et décrira le contenu du « le reste à faire ».

3.6 Poste 6 : Développement d'une DLL (bibliothèque de transcodage IFC)

Objectifs et expression de besoins :

A partir des dispositions reprises au Poste 2 : et à l'appui des guides et outils mis à disposition par buildingSMART International, ce poste a pour objectif le développement d'une bibliothèque dynamique (DLL) de transcodage des entités IFC nécessaires lors d'une phase PRO d'un projet d'IST.

Il s'agit donc de développer les interfaces de programmation applicative ou Application Programming Interface (API) et les bibliothèques de liens dynamiques ou Dynamic Link Library (DLL) pour leur implémentation par les éditeurs au sein de leurs logiciels de modélisation, d'analyse et visualisation.

L'Etude cherche par ce biais à accélérer l'adaptation des outils logiciels aux besoins identifiés.

Le deuxième objectif visé est de permettre au projet national MINnD, Medi@construct et buildingSMART International de lancer et d'assurer la démarche de standardisation, normalisation et de diffusion d'une norme standard IFC infrastructure souterraine (IFC-IST) au niveau national, puis international, ainsi que son intégration dans la norme 16739 (IFC).

Livrable n°6 : DLL (bibliothèque dynamique de traduction IFC)

Les guides d'implémentation des standards IFC et boîtes à outils de buildingSMART International fournissent les spécifications techniques de développement de compléments de la norme IFC.

Ces spécifications à mettre en œuvre pour le développement de cette DLL IFC-IST sont notamment :

- ▶ IFC2x Edition 3 Implementation Guide (pour format STEP) (version 2.0 2009)
- ▶ IFC Header section Implementation Guide (version 1.0.2 – 2008)
- ▶ IFCXML Implementation Guide (pour format XML) (version 2.0 – 2007)
- ▶ IFC Toolboxes & IFC open source
- ▶ Et leurs évolutions éventuelles durant le projet, notamment IFC4.x

<http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/get-started/get-started-summary>

3.7 Poste 7 : Rédaction du rapport final de l'étude (Livrable n°7)

L'objectif de ce livrable est d'une part de regrouper l'ensemble des livrables décrits ci-dessus (pour les deux thèmes au sein d'un seul document, et d'autre part de finaliser la rédaction, la cohérence et la mise en page de l'ensemble des livrables.

Il comprendra donc les versions finalisées des livrables 1.1 à 6, mais également une présentation synthétique et vulgariser à l'attention d'un public plus large, décrivant notamment les grands principes, les définitions, les sémantiques, ainsi que toute la méthodologie de travail pour aboutir aux résultats de l'Etude IFC-IST (partenaires, séquençages, organisations, etc.).

Ce livrable comprendra enfin en annexe une compilation de l'ensemble des comptes rendu intermédiaire sur l'état d'avance établis par le pilote tout au long de l'Etude IFC-IST, et toute autres productions documentaire ayant servi à aboutir aux résultats.