



Modélisation des INformations INteropérables
pour les INfrastructures Durables

GT1.6 - IFC pour les terrassements

Auteurs / Organismes

Jean-Pierre LEJEUNE
(VINCI Construction Terrassement Grands Projets)
Vincent COUSIN (Processus et Innovation)
Emmanuelle FAURE (ANDRA)

Gaëtan LAUDANSKI (COLAS)
David POUCHELLE (EGIS)
Élodie VAUTHERIN (COLAS)

Relecteur / Organisme

Michel RIVES (Vianova Systems France)

Thème de rattachement : Structuration des données

MINnDs2_GT1.6_ifc-earthworks_021_2023
LC/21/MINNDS2/163-164-165-166 & LC/21/MINNDS2/201
Avril 2023

Site internet : www.minnd.fr

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

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

Sommaire

I. OBJECTIFS, MOYENS ET MÉTHODES	2
1.1 Contexte général	2
1.2 Moyens	2
1.3 Méthode	3
2. MODÈLE CONCEPTUEL	5
2.1 Objectifs et méthodes	5
3. DÉCOMPOSITION ORGANIQUE ET SYSTÉMIQUE	9
3.1 Modalité de structuration de la donnée	9
3.2 Description détaillée de la structuration de la donnée	10
3.3 Représentation visuelle de la structure de données	14
3.4 Établissements d'un Data Dictionary	15
4. CONCLUSIONS	18
4.1 Un travail à compléter	18
5. ANNEXES	20
5.1 Arborecence des données au format png	20
5.2 Dictionnaire de données au format Excel (et pdf)	20
6. TABLE DES FIGURES	21
7. TABLE DES MATIÈRES	22

Mots clés principaux (Fra)

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

Mots clés spécifiques au livrable (Fra)

Terrassements ; IFC ; IfcTerrassements ; Mouvement Terres ; Matériaux ; Ouvrage ;
Déblais ; Remblais ;

Main key words (Eng)

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

Deliverable key words (Eng)

Earthworks; IFC; IfcEarthworks; Earth moving; Structure; Materials; Cut; Fill;

I. OBJECTIFS, MOYENS ET MÉTHODES

I.1 Contexte général

Un nouveau domaine

Un usage du BIM de plus en plus fréquent pour les grandes infrastructures linéaires

Les terrassements : 30 à 40 % des investissements et d'importants risques associés

Référence à la norme NF-EN 16907 spécifique aux terrassements

Le groupe GT1-6 IFC pour les Terrassements a débuté ses travaux en septembre 2019 dans le cadre de MINnD Saison2.

Il s'agit donc d'un nouveau domaine exploré par le projet MINnD dans le secteur de l'Infra au moment où apparaît une utilisation de plus en plus fréquente du BIM, en France et en Europe, pour les grands projets d'infrastructure (on peut citer notamment le projet HS2, ligne à Grande vitesse entre Londres et Birmingham en Angleterre ou le Canal Seine Nord en France). Cette utilisation du BIM confirme un besoin de structuration de la donnée, quel que soit le domaine concerné, pour qu'elle soit utile tant en phase conception qu'en phase réalisation puis maintenance.

Il faut rappeler que les terrassements :

1. représentent 30 à 40% des coûts des infrastructures linéaires avec des risques majeurs associés,
2. constituent la colonne vertébrale des projets d'infrastructure en interface avec tous les autres domaines : Alignment / Bridge / Geotechnics / Road / Rail / Drainage...
3. apportent un impact environnemental sensible affectant tant les émissions carbone que la biodiversité, la préservation des ressources et l'économie circulaire.

À signaler qu'en Europe, une norme européenne sur les terrassements a pu voir le jour en décembre 2018 : Norme NF-EN 16907 qui permet de rapprocher et unifier les pratiques issues des règlements ou guides nationaux. Dans la démarche de MINnDs2, sa partie 1 : « Principles and general rules » est particulièrement intéressante puisqu'établissant un vocabulaire commun sur la définition des composants dont sont constitués structurellement les ouvrages en terre.

I.2 Moyens

Des experts de divers horizons

Une approche systémique appropriée aux besoins des praticiens et du phasage de leurs interventions

Le GT1-6 a rassemblé des représentants des maîtrises d'ouvrage, maîtrises d'œuvre et entreprises. Ses travaux se sont étalés sur près de 3 ans mais ont été fortement impactés par la période de crise sanitaire due à l'épidémie de Covid 19.

Le GT1-6 a pu profiter des réflexions menées lors de la première saison de MINnD mais a dû également « prendre le train en marche » et ainsi devoir s'immerger dans un monde nouveau pour beaucoup de ses membres, nécessitant une approche intellectuelle combinant la forte expérience des membres en matière de terrassement avec la nécessité de devoir structurer leur connaissance dans une approche systémique.

Il est apparu également strictement nécessaire que cette approche systémique réponde également à l'objectif d'une implémentation permettant d'assurer :

- le respect du caractère itératif et progressif de la conception des ouvrages de terrassement tant dans leur structure que dans leur géométrie,
- la transposition de la phase conception vers la phase réalisation avec l'insertion de données complémentaires au travers des études d'exécution et des contrôles d'exécution,
- le lien avec les données géographiques référençant les contraintes, notamment environnementales, à prendre en compte en matière de terrassement,

- les remontées de données de production dont le développement est actuellement en pleine progression au travers des besoins internes aux entreprises en matière de productivité, de traçabilité dans l'utilisation des matériaux extraits sur site et de la responsabilité des donneurs d'ordre en la matière
- l'établissement et la gestion du mouvement des terres, qui amène une dimension spatio-temporelle à l'approche systémique.

I.3 Méthode

Une démarche théorique et pragmatique

Une démarche conçue pour être très large et complète

Mais une démarche simplifiée par l'usage de la norme européenne NF EN 16907 et par la prise en compte des travaux des autres groupes sur les IFC

L'idée première au démarrage du groupe était de :

- effectuer une étude bibliographique afin d'identifier les composants des ouvrages de terrassements au niveau international,
- déterminer le périmètre « exact » du domaine des Terrassements,
- déterminer la décomposition en objets unitaires constitutifs des ouvrages en terre => langage commun avec la communauté internationale,
- définir en fonction des différentes phases de conception / réalisation / exploitation-maintenance la typologie et le niveau de définition des différents objets,
- cartographier les processus d'enchaînement des différentes phases (itération et progressivité),
- identifier et traiter les interfaces avec les IFC Road / Rail / Drainage / Bridge / Geotechnics,
- appliquer sur un cas d'usage l'ensemble de la démarche avec la production des livrables suivants :
 - un modèle conceptuel
 - une nomenclature des objets suivant les phases de développement du projet : data dictionary
 - un schéma des processus de l'enchaînement de ces phases
 - des fiches d'interface avec les IFC Road / Drainage / Rail / Geotechnics / Bridge...

Dans les faits, il apparaît que :

- le langage commun issu de la norme NF EN 16907, par son côté normatif à l'échelle européenne était une base solide dans la décomposition organique des ouvrages en terre et qu'à l'expérience des participants au groupe de travail, elle comportait un langage reconnu également au-delà de l'Europe.
- le périmètre des Terrassements :
 - inclue tous les systèmes et sous-systèmes nécessaires à la conception et la réalisation des ouvrages en terre, y compris la couche de forme (y compris les sous-couches ferroviaires) comme support des superstructures, mais également les structures d'amélioration des sols (qu'il soit support ou en talus), les éléments incorporés aux ouvrages (matériaux de carrière, liants, géotextile, géogrille, inclusions, clous...),
 - s'appuie sur l'utilisation des données interprétées des reconnaissances géotechniques,

Une approche conceptuelle fondée sur la dimension organique et prenant en compte itération et progressivité des études

- ne se limite pas à la construction des ouvrages structurant des infrastructures (remblais, déblais) mais recouvrait aussi les ouvrages accompagnant (merlons, dépôts, aménagement paysagers),
- doit prendre en compte le caractère spatial et temporel du mouvement des terres.

L'approche conceptuelle a ainsi été réalisée en partant d'une approche purement organique telle que développée ci-après, formalisée sous forme d'un diagramme. Elle a permis de prendre en compte l'approche itérative et progressive du déroulement des études de terrassement et donc au travers de cela le schéma des processus afférent.

Le data dictionary a été produit selon une structuration issue de la collaboration avec Frédéric Grand (alors buildingSMART France).

Le cas d'usage n'a pu être réalisé faute de temps.

2. MODÈLE CONCEPTUEL

2.1 Objectifs et méthodes

Objectifs

Définition géométrique des objets constitutifs d'un ouvrage en terre

Représenter, intégrer les éléments techniques, établir le mouvement des terres, permettre le suivi et décarbonater l'activité

De la définition organique à une typologie volumique ou surfacique puis à une généralisation adaptée ç tous les ouvrages en terre

Le modèle conceptuel IFC Terrassement cherche à représenter la composante « Métiers » vis-à-vis de l'établissement d'un Projet de Terrassement. Il reprend l'ensemble des éléments décrivant un ouvrage en terre dans ses différentes configurations.

Le modèle conceptuel IFC Terrassement s'appuie sur :

- la définition géométrique du projet établie par ailleurs dans la maquette BIM (Géométrie),
- l'ensemble des objets qui constituent le projet de l'ouvrage à construire et qui touchent de près ou de loin le domaine des terrassements.

Le modèle conceptuel IFC Terrassement a pour objectif de :

1. représenter les dispositions constructives des ouvrages en terres (conception « statique »),
2. intégrer les prescriptions techniques d'utilisation des matériaux, de contrôle et de réception des ouvrages (termes de référence - suivi travaux – réception),
3. établir le Mouvement des Terres (conception « dynamique »),
4. permettre un suivi/maintenance en phase d'exploitation et de maintenance,
5. participer à la décarbonatation des infrastructures tout au long de son cycle de vie.

Le GT1-6 s'est principalement intéressé au développement d'un modèle conceptuel répondant aux deux premiers objectifs cités ci-avant. Le dernier point relatif à la décarbonatation apparaît directement intégrable dans le modèle proposé par ajout de groupes de propriétés ou propriétés.

La méthode utilisée pour l'établissement du modèle conceptuel Terrassement se décompose en 3 temps :

- une définition organique des éléments composant un ouvrage en terre,
- une réflexion quant à la typologie des éléments en distinguant les éléments volumiques, surfaciques et ceux ayant un découpage par ouvrage ou par groupe d'ouvrage,
- l'organisation des données pour trouver une approche commune quelle que soit l'ouvrage en terre courant considéré (déblai, remblai, dépôt, ouvrage mixte, merlon...).

Usage de la norme EN-16907

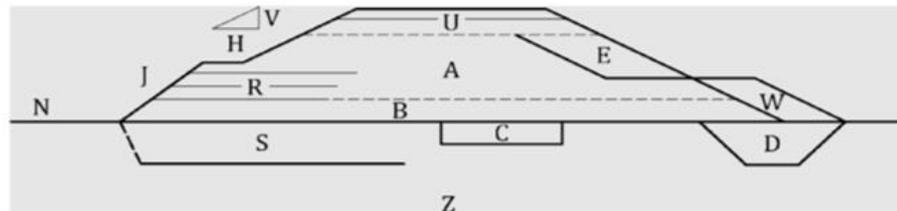
Le GT1-6 a fait le choix d'appuyer cette définition sur la base des éléments de la norme EN16907 relative aux Terrassements et qui se décompose actuellement en 7 parties.

1. Partie 1 : Principes et règles générales ;
2. Partie 2 : Classification des matériaux ;
3. Partie 3 : Procédés de construction ;
4. Partie 4 : Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques ;
5. Partie 5 : Contrôle qualité et surveillance ;
6. Partie 6 : Terre-plein en remblai hydraulique dragué ;
7. Partie 7 : Placement hydraulique d'excédents miniers.

Les objets de terrassements

Les Ouvrages en terre sont ainsi composés d'objet dits « Objets de terrassement », identifiés en s'appuyant sur le champ lexical de la norme européenne NFP 16907-1.

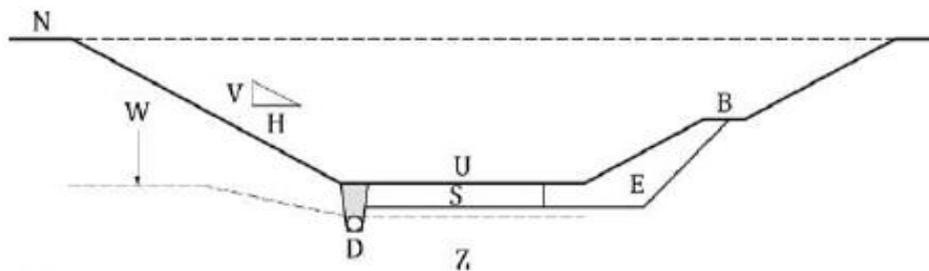
Les schémas ci-dessous sont ainsi extraits de la norme.



Légende

A	remblai courant	R	remblai renforcé
B	base du remblai	S	substitution
C	purge	U	couche de forme/partie supérieure des terrassements
D	bêche	W	berme
E	encagement	Z	sol support
J	talus raidi	H	horizontale
N	surface du terrain naturel	V	verticale

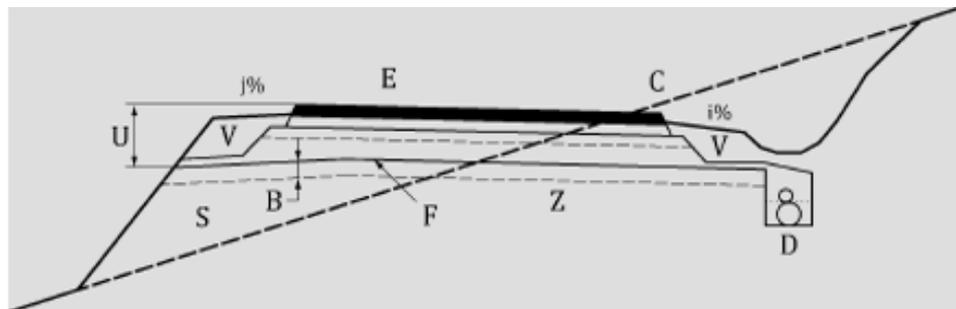
Fig 1. Termes utilisés pour décrire les remblais



Légende

B	berme	U	partie supérieure du terrassement
D	tranchée drainante	W	niveau de la nappe phréatique
E	masque drainant ou masque poids	Z	sous-sol
N	surface du terrain naturel	H	horizontale
S	substitution ou purge	V	verticale

Fig 2. Termes utilisés pour décrire les déblais



Légende

B	Couche de forme et partie supérieure des terrassements	U	superstructure
C	déblai/déblai latéral	V	accotement
D	drainage latéral	Z	sous-sol
E	remblai	i	pente
F	plateforme support	j	pente
S	remblai sous structure		

Fig 3. Termes utilisés pour décrire les ouvrages mixtes déblai/remblai

Classement des éléments constitutifs en éléments

Les éléments constitutifs d'un ouvrage en terre peuvent être classés en

- des éléments descriptifs des ouvrages à construire :
 - volumiques (remblai, base de remblai, purge, bêche, couche de forme...),
 - surfaciques (surface support à l'interface entre deux couches),
 - paramétriques (pente, épaisseur...);
- des éléments liés au terrain naturel ;
- et des éléments liés au sous-sol en place dans lequel s'inscrit l'ouvrage (nature géotechnique des sols).

Il apparaît également qu'un ouvrage en terre « Déblai » peut comporter des objets de type remblai et qu'un ouvrage en terre « Remblai » peut comporter des objets de type déblai.

À partir de cette constatation il est apparu qu'un ouvrage en remblai pouvait être modélisé de la façon suivante :

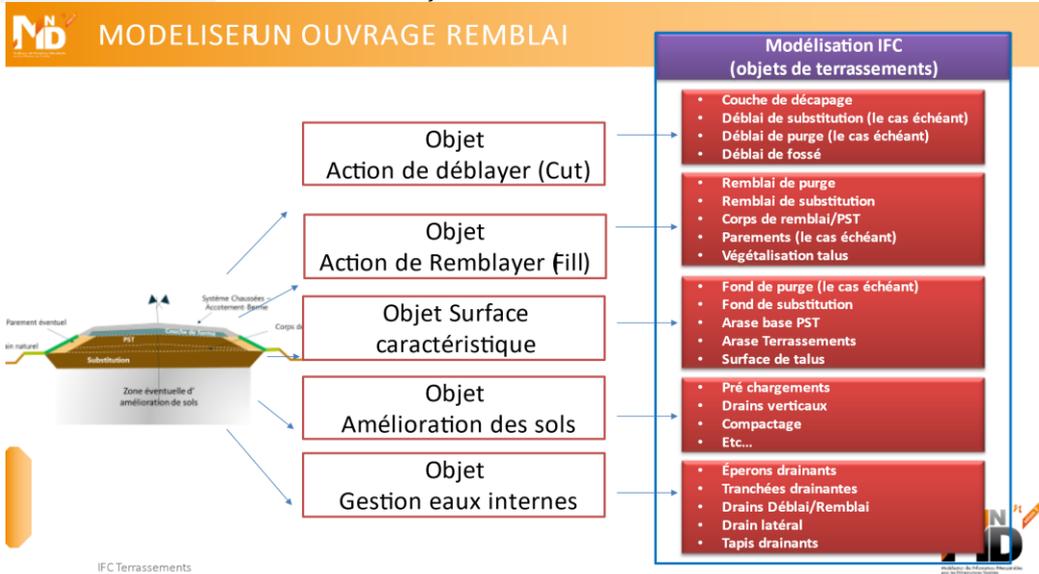


Fig 4. Modèle conceptuel d'un remblai

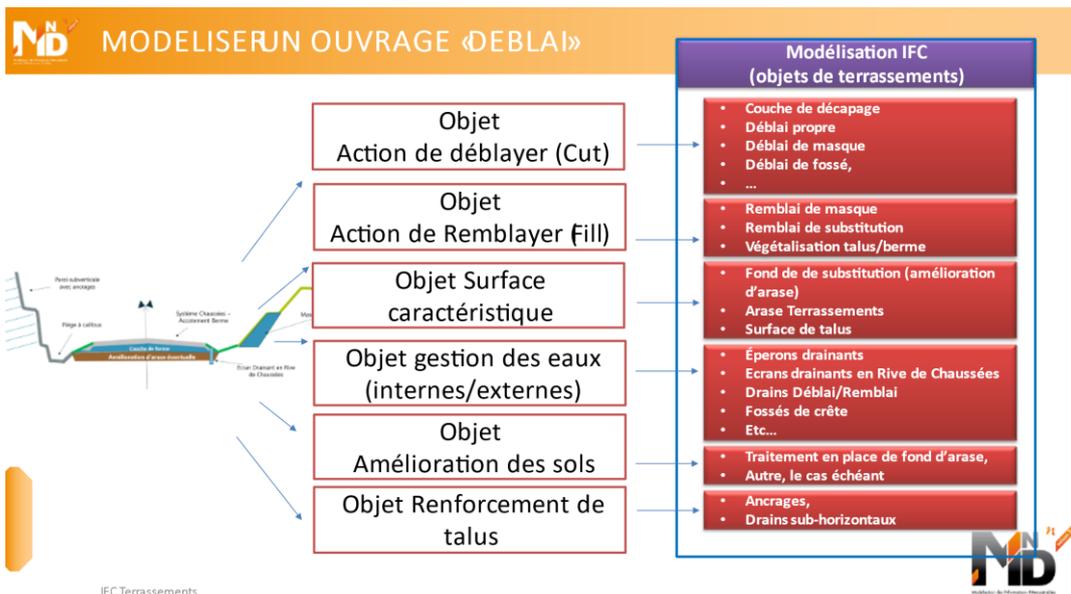


Fig 5. Modèle conceptuel d'un déblai

Modèle conceptuel global d'un ouvrage en terre

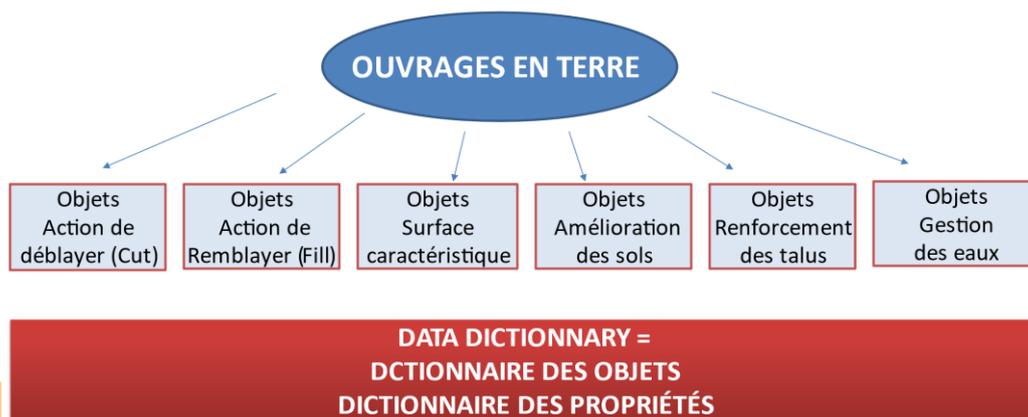
L'Ouvrage en Terre est ainsi défini comme l'ensemble des objets de terrassement qui le compose auxquels on peut attacher des informations comme :

- des études géotechniques spécifiques,
- des études de matériaux,
- des calculs géotechniques de stabilité,
- des caractéristiques de matériaux, produits,
- des paramètres géométriques (volume, longueur, hauteur,)
- des paramètres de positionnement géographique (coordonnées géographiques, référentiel kilométrique,
- des rapports d'exécution,
- etc.

Ces informations peuvent s'organiser en groupe de paramètre ou en paramètres unitaires.



LE MODELECONCEPTUEL IFC TERRASSEMENT



Titre intervention



Fig 6. Modèle conceptuel générique et global d'un ouvrage en terres

3. DÉCOMPOSITION ORGANIQUE ET SYSTÉMIQUE

3.1 Modalité de structuration de la donnée

Une décomposition organique de l'ouvrage en terre

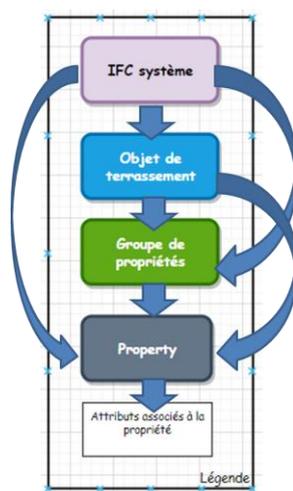
Un modèle développé en accord avec la norme NF EN 16907

Une des caractéristiques de l'information liée à la conception et à la mise en œuvre d'un projet de terrassement est qu'elle est nombreuse et complexe, et d'un niveau de définition fonction de la précision nécessaire à la phase de projet considérée

Le modèle conceptuel a d'abord été établi en référence à la récente Norme Européenne pour les Terrassement NF EN 16907-1 Principes et Règles Générales - articulée autour de la notion d'Ouvrages en Terre. Pour mémoire, le préambule de cette norme indique que « *Les terrassements sont un processus de génie civil qui vise à créer des ouvrages en terre en modifiant la géométrie de la surface de la terre dans le cadre des projets de construction (...)* ».

Une décomposition tout d'abord organique

La structuration de la donnée a été, dans un premier temps, définie par rapport à une décomposition « organique » des ouvrages en terres (considérés comme des Ifc System), l'ouvrage en terre étant décomposé en objets de terrassement de différents types, certains étant des objets 3D (de type volumique) et d'autre de type 2D (surfacique).



Sur chacun de ces Ifc System et objets de terrassements ont ensuite été définis des propriétés et des groupes de propriétés en rapport avec les données nécessaires au terrassement.

Fig 7. IFC Système : objets, propriétés et groupes de propriétés

Une structuration également systémique

La décomposition organique de la donnée n'ayant pas permis de recouvrir l'ensemble des informations identifiées, un certain nombre d'information a également été organisé de manière systémique dans cette structuration. Il donc été créé des Ifc System supplémentaires relativement à la couche de forme, à la fourniture extérieure, aux essais, tests et rapports de contrôle.

La structuration retenue est donc mixte, afin de mieux répondre à la question de l'organisation de l'information très importante et complexe liée à la conception et à la mise en œuvre d'un projet de terrassement.

3.2 Description détaillée de la structuration de la donnée

Mode d'emploi

Ce chapitre est un mode d'emploi et de lecture de la structuration explicitée dans l'annexe graphique Schéma Terrassements au format png.

Liste des IfcSystem ou IfcTerrassements

Deux types d'IfcSystem ont été définis suivant la décomposition à la fois organique de la donnée ou systémique :

- Des IfcTerrassements sous forme de systèmes ayant une représentation 3D dans la maquette numérique, comme des ouvrages en terre ou la couche de forme. Ces systèmes sont eux même composés d'objets de terrassements avec des propriétés (rassemblées ou non par groupes et sous-groupes).
- Des IfcTerrassements sous forme de systèmes n'ayant pas de représentation 3D dans la maquette numérique. Parmi ces ifc on trouve, la fourniture extérieure, ou les essais et contrôles.

Objets de terrassements

Il a été convenu que les objets de terrassements intégrés dans les ifc Terrassements pour être considérés comme tels devaient avoir une représentation physique, soit de type volumique en 3D (comme un corps de remblai ou une excavation) ou surfacique, en 2D (comme une arase, un fond de purge ou un talus). Les objets retenus dans le cadre de la structuration de la donnée sont donc les suivants :

IfcSystem Ouvrage en terre

Objet	Désignation	Exemples
Objets 3D	Déblai (type « Action de déblayer »)/ Cut Element	purge, excavation, déblai de masque etc...
	Remblai (type « Action de remblayer »)/ Fill Element	remblaiement de substitution, corps de remblai, remblai de masque, parement de remblai, etc...
	PST (Partie Supérieure des Terrassements)	PST en place, PST rapportée
	Amélioration des sols	compaction dynamique, jet-grouting ...
	Renforcement des sols	
	Gestion des eaux ¹	Fossés de pieds de talus, fossés de crêtes, bassins de rétention ...
Objets 2D	Arase des terrassements	
	Fond de purge / substitution	
	Sols supports de remblai	

IfcSystem Couche de forme

Objet	Désignation	Exemples
Objet 3D	Élément Couche de forme	
Objet 2D	Arase Couche de forme	

¹ A noter que les objets de type « Gestion des eaux » n'ont pas fait l'objet d'un développement en groupes de propriétés et propriétés car ces objets ainsi que leurs propriétés ont déjà été définis dans le cadre du développement du GT1.3 IFC Road – Sous-Groupe Assainissement.

**Fournitures extérieures
et Essais et contrôles**

Pour ces IfcSystem (ou IfcTerrassements), il n'a pas été défini d'objet associés. Seuls des groupes de propriétés et des propriétés ont été définis, rattachés directement à ces « IfcTerrassements ».

Groupes de propriétés

Il a été déterminé pour les IfcTerrassements ainsi que pour chaque objet de terrassement un certain nombre de propriétés associées. Ces propriétés ont été regroupées le cas échéant en groupes, voir en sous-groupes de propriétés.

Les Groupes de propriétés regroupant et structurant les propriétés par IfcSystem et Objets sont décrits dans la liste suivante. Ils sont rattachés à la racine, à leur IfcSystem (italique gras) ou à leur objet de terrassements (italique).

IfcSystem/Objet	Groupes de propriétés	Sous-Gruppe
<i>Projet de Terrassements</i>	Données générales	
	Phases Projet	
	Localisation du projet	
	Informations générales sur les terrassements	
	Études géotechniques générales	
	Mouvement des terres	
<i>Ouvrage en terre</i>	Exigences de construction	
	Critères de construction	
	Études géotechniques spécifiques	

IfcSystem/ Objet	Groupes de propriétés	Sous-groupe
Déblai (Cut element)	Matériau remblai	Extraction (Minage/Blasting, Dates, Moyens, Contrôles)
		Conditions Traitement de l'eau
		Caractérisation au concassage (Granulométrie)
		Paramètres MVT du matériau
		Destination
Remblai (Fill Element)	Information générale élément remblai	
	Matériau élément remblai	Identification
		Origine matériau
		Caractérisation hydrique matériau ou remblai Exécution (Traitement de l'eau, Réutilisation en traitement, Suivi de compactage, Dates et moyens d'exécution)
Arase Terrassement	Réception	Objectifs réception, PV Réception PF, Résultats moyen plaque
Fond de purge/Substitution Sol Support Remblai	Objectif Portance	
	Réception	PV Réception PF, Résultat Moyen Plaque
Renforcement de sol	Colonnes ballastées	Géométrie (Agencement, Colonnes, Design) Caractéristiques des granulats Caractéristiques du sol traité
	Micropieux	Géométrie Caractéristiques
	Jet Grouting	Géométrie (Agencement, Colonnes, Design)
	Inclusions rigides	Géométrie (Agencement, Colonnes, Design) Caractéristiques de l'inclusion Caractéristiques du matelas de répartition
	Deep Soil Mixing	Géométrie (Agencement, Colonnes, Design) Caractéristiques
	Dynamic Replacement	Géométrie (Agencement, Colonnes, Design) Caractéristiques granulats
Amélioration de sol	Drains verticaux	Géométrie (Couche drainante, PVD)

		Caractéristiques (Couche drainante, PVD)
	Pré-chargement	Vacuum Surcharge (Géométrie, Caractéristiques)
	Compaction	Design Caractéristiques
	Traitement	Caractéristiques

Objet/lcTerrassements	Groupes de propriétés	Sous-groupe
Couche de forme	Repérage	
	Matériau CdF	BOQ Reference
<i>Élément Couche de Forme</i>		Caractérisation Matériau (Proctor, Caractérisations Mécasol, ...)
		Conditions d'utilisation en couche de forme (GTR)
		Compactage Couche de forme du matériau de l'élément
		Étude de traitement
		Résultats en traitement
		Étude de gisement
	Propriétés de surface	Essais de conception (Objectifs, PV, Résultats)
Fourniture extérieure	Matériau	Identification
		PV Essai
		Caractérisation traitement additif chaux/ciment/liant (Traitement et gisements)
		Références Proctor
		Caractérisations Granulats (Classe granulaire, ...)
	PAQ Carrière	
	Origine	
	Re-use (Réutilisation)	
	Élément Fill Destination	
	Dates d'exécution	
Essais et contrôles	Matériau Test Record	
	Contrôles d'exécution	
Caractérisations Matériau	Identification	
	Référence Proctor	
	Caractérisation Mécasol État Naturel	
	Paramètres spécifiques des matériaux rocheux	Caractérisation Massif rocheux Paramètres Mécaroche

	Caractérisation au traitement chaux/liant/ciment	Étude de traitement Étude de gisement
	Caractérisation au titre de la législation Déchets	
	Conditions d'utilisation en remblai (GTR)	Code Réutilisation Conditions Compactage du matériau

Propriétés

Chaque groupe de propriétés comprend un certain nombre de propriétés qu'il serait fastidieux de détailler ici. Le mieux est de se reporter au Data Dictionary établi dans le cadre du Projet ATLAS (cf. ci-après). À noter que certaines propriétés ont été rattachées directement à l'IfcSystem ou à l'objet.

3.3 Représentation visuelle de la structure de données

L'outil Draw.io

La structuration de la donnée Terrassements a fait l'objet d'une représentation visuelle établie à l'aide de l'outil Draw.io. Il s'agit d'un outil entièrement gratuit qui permet de construire et dessiner des diagrammes et des organigrammes. Cet outil s'est avéré particulièrement utile à l'établissement de la structuration de la donnée en vue de sa compréhension et de son partage au sein du groupe.

Il est fondé sur une représentation spécifique des IfcTerrassements, Objets de Terrassements, Groupe de Propriétés et propriétés. Les relations sont ensuite définies par des flèches reliant ces différents éléments.



Fig 8. Charte graphique des schémas

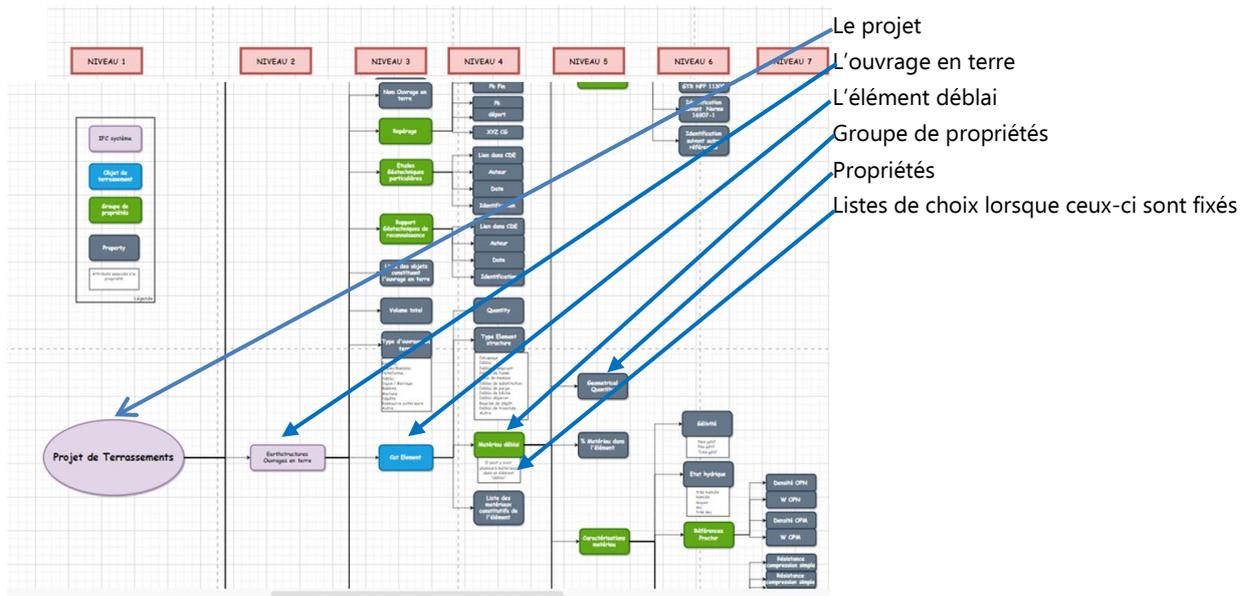


Fig 9. Extrait de l'arborescence des objets, groupes de propriétés et propriétés

3.4 Établissements d'un Data Dictionary

Un dictionnaire de données développé dans le cadre du Projet ATLAS

Faciliter et approfondir la sémantique des IFC 4.3

Le buildingSMART Data Dictionary (bSDD) est un service hébergé et opéré par

Dans le cadre du développement des extensions du modèle IFC pour les infrastructures, MINnD devait intégrer dans le buildingSMART Data Dictionary (bSDD) des dictionnaires spécifiques de données afin de créer les liens correspondants avec le modèle IFC déjà présent dans bSDD.

Ces dictionnaires d'extensions sont au nombre de 4, correspondants aux métiers suivants : rail, chaussées, assainissement, terrassements. Saisissant l'opportunité du projet Atlas, MINnD a proposé d'expérimenter la mise en place et l'utilisation de ces dictionnaires de données structurés de manière normalisée.

Pour répondre à ce besoin d'expérimentation, buildingSMART a assisté les experts de MINnD à la structuration et l'intégration de leurs dictionnaires métiers dans la plateforme buildingSMART Data Dictionary opérée par buildingSMART International.

Le modèle IFC 4.3 récemment développé contient un modèle conceptuel de données et des objets qui représentent les spécificités des projets d'infrastructure (par exemple l'alignement et le dévers pour les chaussées, remblai et déblai pour les terrassements). En revanche, le modèle conceptuel des IFC 4.3 ne transporte pas toute la sémantique ni toutes les propriétés nécessaires pour les métiers des projets d'infrastructures. L'ambition a donc été de travailler sur l'intégration de propriétés du métier des Terrassements intégrées aux objets manipulés.

Ces données du patrimoine de l'infrastructure sont universelles mais pas homogènes en termes de structuration, de classification ou de codification. Les pratiques, outils et chartes divers orientent les informations portées par les modèles. Développer le domaine Terrassements du bSDD vise à mettre à disposition une liste de propriétés, et d'homogénéiser ces propriétés et les pratiques du BIM sur le cycle de vie d'un ouvrage.

Le buildingSMART Data Dictionary est un service hébergé par buildingSMART International, mettant à disposition une fédération de dictionnaires et classifications via des APIs.

**buildingSMART
International (bSI). Il
répond aux normes ISO
12006, 23386 et 23387.**

**Interface Excel pour
l'établissement du
dictionnaire
« Terrassements »**

**Structure du fichier
Excel**

Le contenu hébergé par le bSDD est structuré pour répondre aux exigences des normes EN ISO 23386 et EN ISO 23387 et compatible avec la norme EN ISO 12006-3.

Toutes les propriétés du modèle de données IFC sont d'ores et déjà mises à disposition dans bSDD. Tout nouveau dictionnaire intégré dans bSDD peut ainsi réutiliser des propriétés du modèle IFC ou lier ses concepts à des concepts IFC existants. Il existe ainsi dans le bSDD hébergé par buildingSMART un Domaine « Earthworks », au même titre que les domaines « Roads » (qui inclut le domaine « Drainage »), « Bridges » et « Tunnels ».

La structuration de la donnée Terrassements définie dans le schéma drawio a ainsi été développée de telle manière qu'elle puisse venir compléter le domaine Terrassements du bsDD hébergé par buildingSMART.

Afin de procéder à l'intégration de l'ensemble des éléments définis dans le cadre de la structuration de la donnée en Terrassements, il a été retenu, comme pour les autres domaines précédemment cités, la construction d'un fichier Excel, véritable interface entre le bsDD et la structuration de la donnée telle que définie dans le schéma préparé avec l'outil drawio (et fourni au format png en annexe²).

Sur la base de la définition de relations du type « Parent-Enfant », cette interface a permis de traduire en enregistrements chaque propriété, groupe de propriétés, objet et système.

Le Fichier Excel est constitué de ligne permettant d'enregistrer chaque élément structurant la donnée qu'il s'agisse d'un système, d'un objet, d'un groupe de propriété ou d'une propriété.

Les indications à fournir pour chaque enregistrement sont les suivants :

1. Identifiant Unique (donné par le bsDD)
2. Nom (en anglais)
3. Nom (en français)
4. Définition (Anglais)
5. Définition (Français)
6. Statut (renseigné automatiquement par le bsDD)
7. Date de la création (renseigné automatiquement par le bsDD)
8. Pays : FR (pour France)
9. Type : Système– Objet – Groupe de Propriétés – Propriété
10. Parent : Nom du Système, Objet ou Groupe de Propriétés hiérarchiquement directement supérieur
11. Part of : Jamais renseigné
12. Child group Dès l'instant où le parent est renseigné pour chaque enregistrement, il n'est pas nécessaire de remplir cet élément
13. Datatype : Numérique, chaîne de caractère, booléen, entier, réel, durée, date, etc.
14. Dimension : codification précisant s'il s'agit d'un élément 1D, 2D, 3D ou abstrait
15. Unit: toute unité possible (ml, m2, m3, m/s, deg, kPa, mn, etc...)
16. Possible values in English : valeurs possibles (anglais) – Aucune autre valeur ne sera autorisée
17. Possible values in French : valeurs possibles (français) – Aucune autre Valeur ne sera autorisée

² MINnDs2_GT1.6_ifc-earthworks_object_classification_044_2022.png

**Vérification du fichier et
recherche de doublons**

- 18. Min value : Valeur mini le cas échéant
- 19. Max value : Valeur maxi le cas échéant
- 20. Associated IFC entity : lorsque celle-ci existe déjà dans l'Ifc 4.3 – Ex IfcText pour toutes les chaînes de caractère
- 21. User defined Type : Non renseigné

Toutes les propriétés exposées dans le dictionnaire « Terrassements » ont fait l'objet d'une recherche de doublons potentiels dans les dictionnaires déjà existants pour réutilisation éventuelle.

La recherche a été effectuée automatiquement sur le nom de la propriété afin de proposer aux experts du dictionnaire des doublons potentiels.

Dans le cas d'identification de doublons potentiels, les experts des dictionnaires concernés ont été sollicités pour valider le doublon et décider de la propriété à utiliser si déjà présente dans bSDD

Dans le cas où la propriété existante ne pouvait être utilisée, la propriété définie dans le bSDD « Terrassements » a été conservée et renommée pour apparaître distinctement de celle présente dans l'autre domaine.

**Intégration dans la
plateforme Semantics**

Cette intégration a été effectuée par le représentant de MINnD dans la plateforme buildingSMART Data Dictionary.

Le travail réalisé non exhaustif constitue une base solide pour une première version du Data Dictionary pour les terrassements.

4. CONCLUSIONS

4.1 Un travail à compléter

Des objets de terrassements et des techniques alternatives encore à définir

Même s'il a été apporté une attention toute particulière à la constitution d'un ouvrage en terre avec la décomposition en objet de terrassement, un certain nombre d'objet de terrassements restent encore à définir et à développer notamment en ce qui concerne l'intégration d'objets tels que les géomembranes ou les géotextiles, les ancrages, les murs de soutènement, filets de protection, etc...

Les techniques alternatives en terrassements restent également à définir comme les remblais allégés ou l'utilisation de produits non traditionnels pour le traitement (assez marginal toutefois).

Relations entre décomposition en objets et niveau de détail : conjuguer les uns aux autres

Il serait intéressant d'intégrer une réflexion vis-à-vis du niveau de détail de la maquette numérique, les objets à dessiner et les propriétés à renseigner.

Par exemple, à un niveau de décomposition ou de détail « macro », il n'est peut-être pas intéressant de renseigner des propriétés de teneur en eau des sols extraits.

Cependant, à un niveau de détail très fin, il peut être nécessaire de dessiner et renseigner les propriétés par exemple des ancrages nécessaires à la stabilité des talus, alors qu'à un niveau macro, des propriétés globales relatives à la stabilité du talus peuvent s'avérer tout à fait suffisantes.

Lien avec les autres dictionnaires : chaussées pour les matériaux, objets d'usage communs avec l'assainissement ou avec le domaine des voies ferrées

L'analyse des liens avec les autres dictionnaires de données et la structuration correspondante de la donnée n'a été réalisée que très partiellement.

Ainsi, il s'avère nécessaire d'évaluer toute la problématique « matériaux » partagée forcément avec le dictionnaire « chaussées ».

En ce qui concerne la problématique « Assainissement et Drainage », il serait nécessaire de vérifier que les objets et propriétés définies dans le cadre de la structuration de ce dictionnaire englobe effectivement les objets de terrassements liés aux terrassements tels que les fossés de pied ou de crête de talus, ou encore les drains longitudinaux visant à assainir les plateformes.

Le domaine « Rails » intègre également des éléments d'infrastructures tels que remblais ou déblais, mais à un stade plus macro. Une analyse détaillée de la structuration de la donnée liée aux infrastructures ferroviaires permettrait sans doute d'enrichir le domaine des terrassements.

Lien avec la standardisation géotechnique : revue croisée à faire

Les terrassements sont évidemment en lien très fort avec la géotechnique des matériaux et du milieu dans lequel s'inscrit le projet, sans qu'il soit toujours facile de distinguer clairement ce qui relève de la géotechnique pure, et ce qui relève des terrassements.

La structuration de la donnée dans le cadre des terrassements a donc intégré une forte composante géotechnique notamment relativement aux matériaux et à leur mise en œuvre (extraction, remblai). Les deux Groupes de travail Géotechnique (GT1.5) et Terrassements (GT1.6) ont avancé en parallèle. Une revue croisée des

approches apparaît maintenant nécessaire afin de fusionner les éléments lorsque c'est possible et de les différencier clairement lorsque c'est nécessaire.

Progressivité des études

Les études de terrassement se caractérisent par une progressivité des études en fonction du stade d'avancement du projet. Ainsi le niveau de connaissances des matériaux par exemple, à un stade préliminaire d'études est-il très inférieur à celui nécessaire aux études de projet détaillées, et à celui atteint en phase d'exécution. Ainsi pour chacun des objets et chacune des propriétés il pourrait être menée une réflexion visant à définir s'il est nécessaire de renseigner telle propriété en fonction du stade d'études ou de réalisation du Projet.

Le mouvement des terres est encore à étudier et modéliser de façon normalisée

Le mouvement des terres vise à traduire le projet des terrassements et au travers de cela sa réalité opérationnelle et donc économique. Les objets et propriétés ont en partie été définies en vue de permettre l'établissement du Mouvement des terres. Toutefois, la réflexion n'a pas permis d'aboutir à une forme de normalisation de l'établissement d'un mouvement des terres, conçu comme un système global, exportable et échangeable dans le cadre des Ifc.

Cas d'usage et tests auprès des éditeurs à conduire

La finalité de la structuration de la donnée est l'établissement du data dictionary permettant l'intégration de ces éléments dans les modèles numériques. Ainsi il importe de pouvoir tester que la structuration de la donnée « Terrassements » telle qu'imaginée dans le cadre de ce groupe de travail est robuste, et que des éditeurs de logiciels sauront exporter des données dans un fichier Ifc et les réimporter sans pertes d'informations.

Ce travail de tests à partir de la définition de cas d'usages n'a pas pu être réalisé dans le cadre de ce Groupe de Travail. Il reste à mener.

5. ANNEXES

5.1 Arborescence des données au format png

MINnDs2_GT1.6_ifc-earthworks_object_classification_044_2022.png

5.2 Dictionnaire de données au format Excel (et pdf)

MINnDs2_GT1.6_ifc-earthworks_bSDD_043_2022.xlsx

6. TABLE DES FIGURES

Sommaire des illustrations

Fig 1. Termes utilisés pour décrire les remblais	6
Fig 2. Termes utilisés pour décrire les déblais	6
Fig 3. Termes utilisés pour décrire les ouvrages mixtes déblai/remblai	6
Fig 4. Modèle conceptuel d'un remblai	7
Fig 5. Modèle conceptuel d'un déblai	7
Fig 6. Modèle conceptuel générique et global d'un ouvrage en terres	8
Fig 7. IFC Système : objets, propriétés et groupes de propriétés	9
Fig 8. Charte graphique des schémas	14
Fig 9. Extrait de l'arborescence des objets, groupes de propriétés et propriétés	15

7. TABLE DES MATIÈRES

Table des matières

I. OBJECTIFS, MOYENS ET MÉTHODES	2
1.1 Contexte général	2
Un nouveau domaine	2
Un usage du BIM de plus en plus fréquent pour les grandes infrastructures linéaires	2
Les terrassements : 30 à 40 % des investissements et d'importants risques associés	2
Référence à la norme NF-EN 16907 spécifique aux terrassements	2
1.2 Moyens	2
Des experts de divers horizons	2
Une approche systémique appropriée aux besoins des praticiens et du phasage de leurs interventions	2
1.3 Méthode	3
Une démarche théorique et pragmatique	3
Une démarche conçue pour être très large et complète	3
Mais une démarche simplifiée par l'usage de la norme européenne NF EN 16907 et par la prise en compte des travaux des autres groupes sur les Ifc	3
Une approche conceptuelle fondée sur la dimension organique et prenant en compte itération et progressivité des études	4
2. MODÈLE CONCEPTUEL	5
2.1 Objectifs et méthodes	5
Objectifs	5
Définition géométrique des objets constitutifs d'un ouvrage en terre	5
Représenter, intégrer les éléments techniques, établir le mouvement des terres, permettre le suivi et décarbonater l'activité	5
De la définition organique à une typologie volumique ou surfacique puis à une généralisation adaptée ç tous les ouvrages en terre	5
Usage de la norme EN- 16907	5
Les objets de terrassements	6
Classement des éléments constitutifs en éléments	7
Modèle conceptuel global d'un ouvrage en terre	8
3. DÉCOMPOSITION ORGANIQUE ET SYSTÉMIQUE	9
3.1 Modalité de structuration de la donnée	9
Une décomposition organique de l'ouvrage en terre	9
Un modèle développé en accord avec la norme NF EN 16907	9
Une décomposition tout d'abord organique	9
Une structuration également systémique	9
3.2 Description détaillée de la structuration de la donnée	10
Mode d'emploi	10
Liste des IfcSystem ou IfcTerrassements	10
Objets de terrassements	10
IfcSystem Ouvrage en terre	10
IfcSystem Couche de forme	10
Fournitures extérieures et Essais et contrôles	11
Groupes de propriétés	11
Propriétés	14
3.3 Représentation visuelle de la structure de données	14
L'outil Draw.io	14

3.4	Établissements d'un Data Dictionary	15
	Un dictionnaire de données développé dans le cadre du Projet ATLAS.....	15
	Faciliter et approfondir la sémantique des IFC 4.3.....	15
	Le buildingSMART Data Dictionary (bSDD) est un service hébergé et opéré par buildingSMART International (bsi). Il répond aux normes ISO 12006, 23386 et 23387.....	15
	Interface Excel pour l'établissement du dictionnaire « Terrassements ».....	16
	Structure du fichier Excel	16
	Vérification du fichier et recherche de doublons.....	17
	Intégration dans la plateforme Semantics.....	17
4.	CONCLUSIONS	18
4.1	Un travail à compléter	18
	Des objets de terrassements et des techniques alternatives encore à définir	18
	Relations entre décomposition en objets et niveau de détail : conjuguer les uns aux autres.....	18
	Lien avec les autres dictionnaires : chaussées pour les matériaux, objets d'usage communs avec l'assainissement ou avec le domaine des voies ferrées	18
	Lien avec la standardisation géotechnique : revue croisée à faire.....	18
	Progressivité des études	19
	Le mouvement des terres est encore à étudier et modéliser de façon normalisée	19
	Cas d'usage et tests auprès des éditeurs à conduire	19
5.	ANNEXES.....	20
5.1	Arborescence des données au format png.....	20
5.2	Dictionnaire de données au format Excel (et pdf)	20
6.	TABLE DES FIGURES.....	21
7.	TABLE DES MATIÈRES	22