

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Capitalisation de la donnée



FONDATION
BÂTIMENT
ÉNERGIE

CAPITALISATION DE LA DONNÉE



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Coordination de l'enjeu

Ingrid BERTIN / setec

Contributeurs groupe recherche

Pascal BONAUD / CTICM

Luc FERRANDI / FEDEREC

Noémie LAURENT / FEDEREC

Gérard SENIOR / AETIC ARCHITECTES

Contributeurs groupe utilisateurs

Alto Ingénierie

AQC

BNP Paribas Real Estate

BRE

Bruxelles Environnement

Circolab

Raedificare

St Gobain

Coordination générale de l'atelier sur l'Économie Circulaire

Sylvain LAURENCEAU / CSTB

Décembre 2020

Créée à l'initiative de l'ADEME et du CSTB, la Fondation Bâtiment Énergie est financée par les partenaires fondateurs suivants :



Cadre général	5		
PARTIE 1			
Principes et enjeux autour de la capitalisation de la donnée	6		
1. Introduction et objectifs	7		
1.1 Données, informations à lier entre besoins et objectifs	8		
1.1.1 Les données du projet : l'information comme capital à préserver	8		
1.1.2 Outils	9		
1.1.3 Informations embarquées	10		
1.2 L'environnement de la donnée hier et aujourd'hui	11		
1.2.1 L'environnement papier : dossier des ouvrages exécutés (DOE) - le risque de perte	11		
1.2.2 L'environnement numérique : fichiers .PDF, .CAD et rappels des documents contractuels	11		
1.2.3 Le BIM et le manque d'encadrement de ce processus	11		
1.2.4 Les difficultés rencontrées avec l'existant	11		
1.3 Les acteurs : générateurs, utilisateurs de la donnée	12		
1.3.1 Une chaîne d'acteurs de la filière construction	12		
1.3.2 Enjeux propres à la « capitalisation de la donnée »	13		
1.3.3 Illustrations de chaînes d'acteurs	13		
2. Glossaire	16		
2.1 Termes relatifs aux acteurs de la construction et aux projets	17		
2.2 Valorisation matière : Prévention, Réemploi, Réutilisation, Recyclage	19		
2.3 A propos de déchets	20		
2.4 Terminologie du BIM	21		
2.5 Termes relatifs à la gestion de l'information	23		
3. Etat de l'art	25		
3.1 L'environnement BIM	26		
3.1.1 Maquette, dimensions jusqu'à 7D, niveaux	26		
3.1.1.1 Maquette volumique	26		
3.1.1.2 Dimensions du BIM	26		
3.1.1.3 Niveaux du BIM	26		
3.1.2 Environnement normalisé du BIM	26		
3.1.2.1 Systèmes de classification	26		
3.1.2.2 OpenBIM	27		
3.1.2.3 Dictionnaire	27		
3.1.3 Travaux nationaux relatifs aux propriétés numériques associées dans le cadre du PTNB, PPBIM et POBIM, Plan BIM 2022	27		
3.1.3.1 Plan Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB)	27		
3.1.3.2 Plan BIM 2022 : un dictionnaire national de propriétés numériques	28		
3.1.3.3 Interopérabilité, format d'échange : 'IFC (Industry Foundation Classes)	28		
3.1.3.4 Process, management	28		
3.1.3.5 Les métiers du BIM	29		
3.1.4 Les demandes clients : point de départ du process BIM	29		
3.1.4.1 Cahier des charges clients	29		
3.1.4.2 LOIN	29		
3.1.4.3 Convention BIM	29		
3.1.5 Enjeux environnementaux	29		
3.1.5.1 Construire et capitaliser la donnée	29		
3.1.5.2 Adapter le BIM aux travaux de rénovation et de déconstruction	30		
3.2 Classifications internationales de données, travaux de normalisation	30		
3.2.1 L'interopérabilité entre les solutions logicielles et la qualité des données	30		
3.2.2 En France, la Commission de Normalisation Propriétés Produits pour le BIM (CN PPBIM)	31		
3.2.3 L'organisation des travaux de normalisation au niveau européen	31		
3.2.4 L'organisation des travaux de normalisation au niveau international, L'ISO/TC 59/SC 13	32		
3.2.5 Lien avec le règlement sur les produits de construction	32		
3.2.6 Les principales classifications, références utilisées pour le bâtiment	33		
3.3 Précédents travaux de recherche autour de la donnée pour une économie circulaire dans le bâtiment	33		
3.3.1 BAMB	33		
3.3.1.1 R&D, Objectifs et démarche	33		
3.3.1.2 Etat de l'art	33		
3.3.1.3 Passeports matériaux	34		
3.3.2 HQE-GBC, Haute Qualité Environnementale - Green Building Council, base INIES	35		
3.3.2.1 Les données environnementales	35		
3.3.2.2 Protocole de connexion au Web Service INIES Version 4	36		
3.3.3 BAZED	36		
3.3.3.1 Principe de la démarche BAZED	37		
3.3.3.2 Étudier	37		
3.3.3.3 Anticiper, recenser, imaginer	37		
3.3.3.4 (S')Adapter	38		
3.3.3.5 Actualiser	38		
3.3.4 CIRCOLAB	38		
3.3.5 Projet BoostConstruction	39		

PARTIE 2

Illustrations et recommandations 41

4. Enquête sur les pratiques actuelles de transmission, Cas test poutrelle 42

4.1 Méthodologie appliquée : chantier	43
4.2 Les données attendues aux différentes phases (capitalisation théorique)	44
4.2.1 Production, Conception, et Mise en Œuvre	44
4.2.2 Vie en œuvre	47
4.2.3 Déconstruction / Réemploi	48
4.2.4 Déconstruction / Recyclage	49
4.3 Les ruptures de transfert de données entre les acteurs (capitalisation pratique)	50
4.3.1 Les limites du modèle BIM	50
4.3.2 Transmission Maîtrise d'œuvre / Exploitation	52
4.3.3 REX de l'étude de cas test	52

5. Le manque d'information, les données à créer, les transferts à assurer 54

5.1 Le support de la donnée, améliorations souhaitées	55
5.1.1 Généralisation d'un DOE numérique	55
5.1.2 Problématique numérique	56
5.1.3 Traçabilités physiques	56
5.1.4 Banque de données des matériaux	56
5.2 Les responsabilités juridiques et environnementales induites par la donnée	57
5.2.1 Responsabilité décennale et assurance dommages ouvrage en économie circulaire	57
5.2.2 Enjeux de la donnée pour le réemploi, objectifs législatifs pour la construction	58
5.2.3 Enjeux de données pour les industriels du recyclage	58
5.3 La qualité de la donnée et les informations complémentaires à capitaliser	59
5.3.1 Le recueil de données lors du diagnostic ressource	59
5.3.2 Caractérisation structurale et intégration au BIM	61
5.3.3 Caractéristiques sanitaires	62
5.3.4 Hiérarchie de la donnée pour l'économie circulaire	63

6. Recommandations pratiques 68

6.1 Accompagnement des besoins clients / MOA	69
6.1.1 Pièces contractuelles, démarrage d'un projet	69
6.1.1.1 Cahier des charges BIM	69
6.1.1.2 Convention BIM	70

6.1.1.3 Charte BIM	70
6.1.1.4 Les livrables : maquette numérique DOE, maquette numérique DEM	70
6.1.2 Besoins en exploitation	71
6.1.3 Systèmes de traçabilité, à mettre en place pendant l'exécution	71
6.1.3.1 Marquage, QR codes, étiquettes	71
6.1.3.2 Systèmes passifs : Puces RFID	72
6.1.3.3 Systèmes actifs : capteurs, IoT	73
6.1.3.4 Tableau synthèse de transmission de la donnée	73
6.2 Améliorations structurelles, poursuite du travail normatif	74
6.2.1 Système de classification	74
6.2.2 IFC	74
6.2.3 Mappage IFC	74
6.2.4 Dictionnaire	66

7. Annexes 77

7.1 Responsabilité partagée du déchet	78
7.2 Classification internationale de données, travaux de normalisation	78
7.2.1 L'origine de la classification	78
7.2.2 Implication de la France dans l'organisation des travaux de normalisation	79
7.2.2.1 LIAISONS CN PPBIM	80
7.2.3 L'organisation des travaux de normalisation au niveau européen	82
7.2.3.1 GROUPES MIROIRS CEN TC442 et AFNOR PPBIM	83
7.2.4 L'organisation des travaux de normalisation au niveau international, L'ISO/TC 59/SC 13	85
7.2.4.1 LIAISONS ISO TC59 SC13	86
7.2.4.2 PROGRAMME DE TRAVAIL	87
7.2.5 Les principales classifications, références utilisées pour le bâtiment	87
7.3 Précédents travaux de recherche autour de la donnée pour une économie circulaire dans le bâtiment	90
7.3.1 BAMB	90
7.3.1.1 Outil d'évaluation de la réversibilité des bâtiments et potentiel de réutilisation	90
7.3.1.2 Démonstration	91
7.3.1.3 Application	92
7.3.2 HQE-GBC, Haute Qualité Environnementale - Green Building Council	93
7.3.2.1 FDES_Full_Data	93
7.3.2.2 FU_Constituant_Product	94
7.3.2.3 Nouveaux Champs	95
7.4 La qualité de la donnée et les informations complémentaires à capitaliser	96
7.5 Exemple d'exigences d'informations pour la convention BIM	97
7.5.1 Exemples d'exigences de fourniture d'informations demandées par le maître d'ouvrage stipulées dans la convention BIM.	97
7.5.2 Exemple d'éléments au sein d'une convention BIM	102
7.6 Exemple attributs BIM	104

Cadre général

Le secteur du bâtiment est à la fois un important producteur de déchets, un important consommateur de ressources, un des secteurs les plus émetteurs de gaz à effet de serre, et un important pourvoyeur d'emplois. Dans ce contexte, un consensus se dégage autour du fait que l'économie circulaire s'imposera progressivement comme alternative durable au modèle économique linéaire dans ce secteur et qu'elle sera créatrice de valeur. Cependant, si le concept général est bien établi, de nombreuses zones d'ombres existent encore à ce jour sur son périmètre, sa déclinaison précise, les indicateurs associés, les moyens de la mettre en œuvre et de la déployer dans des modèles économiques performants.

La Fondation Bâtiment Energie (FBE), reconnue d'utilité publique en 2005, a été créée par quatre acteurs majeurs du secteur du bâtiment et de l'énergie, ArcelorMittal, EDF, GRDF et LafargeHolcim, avec le soutien financier des pouvoirs publics et le support technique de l'ADEME et du CSTB. Elle se mobilise en soutenant des travaux de recherche sur les enjeux environnementaux actuels pour le secteur du bâtiment.

C'est donc tout naturellement que la Fondation Bâtiment Energie a souhaité soutenir des travaux de recherche sur le développement de bases scientifiques à la caractérisation de l'économie circulaire dans le secteur du bâtiment. Ces travaux, coordonnés par le CSTB et menés sur une durée de deux ans -jusqu'en octobre 2020-, ont impliqué de manière transnationale 40 acteurs issus d'horizons très divers : acteurs du monde de la recherche et acteurs opérationnels, acteurs de l'offre et acteurs de la demande, acteurs publics et acteurs privés.

La méthodologie innovante déployée ici -déjà mise en place sur d'autres ateliers soutenus par la FBE- structure les travaux autour de l'articulation entre un « groupe recherche », qui a vocation à développer de nouvelles méthodes ou de nouveaux outils, et un « groupe utilisateurs », qui a vocation à apporter un retour de terrain sur l'applicabilité et l'opérationnalité des connaissances développées. Ce croisement des approches et des compétences est au cœur de la méthodologie que nous avons voulu déployer ici.

Les travaux de recherche sur l'économie circulaire ont porté sur cinq enjeux différents :

- L'évaluation des performances en vue d'un réemploi pour huit familles de produits, afin de proposer un cadre à la sécurisation de ces pratiques qui émergent à nouveau ;
- La caractérisation du contexte local et les méthodologies d'analyse de l'allongement du cycle de la matière, afin de valoriser la conservation de l'existant et d'activer les ressources humaines et matérielles des territoires ;
- La conception pour des bâtiments transformables et réversibles, afin de limiter les déconstructions futures ;
- La conception pour la démontabilité, afin de mieux valoriser les composants après leur future dépose ;
- La capitalisation de la donnée, et en particulier l'identification des données à conserver sur l'ensemble du premier cycle afin de favoriser un réemploi ou un recyclage ultérieur, ainsi que les modalités de conservation et de transfert de ces informations.

PARTIE 1



FONDATION
BÂTIMENT
ÉNERGIE

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Principes et enjeux autour de la capitalisation de la donnée



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

1.

Introduction et objectifs



Aujourd'hui la multiplication des données doit faire l'objet d'attentions particulières pour juger de la pertinence de leur génération et surtout de leur fiabilité et de leur utilité à long terme. La valorisation par le réemploi et le recyclage nécessite la mise en place d'une traçabilité afin de garantir une sécurité pour la remise en œuvre et assurer la couverture des responsabilités des différents acteurs impliqués dans les différents cycles des éléments et de la matière.

Dans le but de mettre en place et favoriser une économie circulaire, il est indispensable de penser la traçabilité à très long terme. En effet, les éléments constitutifs d'un bâtiment doivent pouvoir être transmis à un concepteur d'un second cycle, différent du concepteur initial et ceci en toute indépendance. Pour cela une traçabilité infaillible doit être mise en place, en accord avec les garanties couvertes par les assureurs et les procédures des bureaux de contrôle.

Le processus BIM nous aide également à pérenniser l'information liée au matériau mis en œuvre. Ainsi le matériau pourra être déconstruit et valorisé en gardant avec lui l'information de ses caractéristiques et de ses précédentes mises en œuvre. L'état de l'art et le retour d'expérience des pratiques actuelles doivent permettre d'identifier les données nécessaires à la mise en place d'une économie circulaire dans le bâtiment.

L'enjeu est également de pouvoir retrouver, en fin de vie, une donnée qu'on a déjà produite par le passé, et ainsi éviter de réaliser deux fois un processus pour obtenir cette même donnée. La traçabilité permettra donc de faciliter le diagnostic ressource et de simplifier les essais de caractérisation.

Par économie circulaire, il est entendu un cycle de vie étendu voire éternel de la matière. Elle peut en effet, passer d'un usage à un autre, s'adapter ou se transformer, trouver un exutoire nouveau à chaque étape de son cycle de vie. Conformément aux objectifs de loi à travers l'article L541-1 du Code de l'environnement, il sera privilégié par ordre de priorité les réemplois successifs ou les réutilisations puis le recyclage et enfin la valorisation énergétique.

1.1.

Données, informations à lier entre besoins et objectifs

1.1.1. LES DONNÉES DU PROJET :

L'INFORMATION COMME CAPITAL À PRÉSERVER

Un lac de données est similaire à un réservoir artificiel. On doit d'abord construire un barrage à l'extrémité du lac, puis le laisser se remplir d'eau (de données). Ensuite, on commence à utiliser l'eau (les données) à diverses fins, comme la production d'électricité ou l'alimentation en eau potable, mais aussi pour les activités plus ludiques, comme l'analytique prédictive de la banque de matériaux que constitue l'actif immobilier, la valorisation de ses constituants dans une perspective de réutilisation, recyclage, etc. Il y a une grande quantité de données liées à chaque objet, qui va du diamètre d'un rouleau de laine de verre comprimée pour son transport, à la composition de son emballage, la composition chimique et physique, etc.

Ces données ont des durées de vie très différentes, certaines deviennent inutiles une fois l'objet livré ou posé, d'autres ne sont pas exploitables aujourd'hui mais peut-être demain ou jamais, et bien sûr, beaucoup sont utiles à la conception, la construction et l'exploitation. Prenons l'exemple de l'amiante, du plomb, du parabène ou autres substances dont la toxicité est apparue à nos consciences par les travaux scientifiques et le constat des drames liés à leur toxicité humaine. Dans les produits d'aujourd'hui il y a ou non des substances dont la dangerosité sera mise en évidence plus tard,



notre responsabilité de constructeurs est d'au moins de conserver la mémoire de leur composition et localisation dans le bâtiment que nous construisons. Il convient donc de stocker des données dont l'utilité est immédiate ou dont le traitement révélera un jour leur valeur.

Jusqu'à présent, le remplissage du lac constituait une fin en soi. Ce ne sera plus le cas, car pour obtenir plus rapidement des réponses, nous voudrions utiliser le lac d'une manière plus agile et plus reproductible.

Les plateformes en libre-service s'imposeront davantage comme les outils à utiliser pour exploiter les ressources du Big Data. Les plateformes capables de traiter tous les types de données et de sources prospéreront avec le développement de l'utilisation du BIM.

On peut prendre pour exemple le secteur de l'aviation qui a su développer une traçabilité de la moindre pièce de sa fabrication à sa mise au rebut et sa destruction. Le volume de pièces et de composant dans un bâtiment est sans commune mesure mais la démarche peut être la même grâce aux outils de stockage de traitement intelligent des données. Dans un avenir d'économie circulaire et de ressources, le besoin de composants et matériaux doit se faire rencontrer «les producteurs» et «les consommateurs». Il est aujourd'hui plus aisé de se rendre chez le marchand de matériaux que de rechercher les composants et matériaux «récupérés». L'ère des plateformes de recherche, de réservation et de recommandation est en marche. A titre d'exemple, Booking.com capte aujourd'hui une part conséquente des profits de l'industrie hôtelière. Ce modèle appliqué au domaine du bâtiment ne peut-il pas s'appliquer à d'autres segments de l'immobilier, par exemple tertiaire (coworking, télétravail, nomadisme, «uberisation» d'activités non salariées, gestion des banques de matériaux et composants) ? On peut penser que les composants des bâtiments pourraient être "loués" pour leur fonctionnalité comme Michelin qui ne vend pas des pneus mais des km parcourus avec ses pneus. Ce modèle inspire de nombreuses initiatives et start-up qui s'attaquent aux entreprises de prestations de service (agences immobilières et courtiers) et de travaux dans le domaine immobilier (Home Services d'Amazon mettant en relation offre et demande, de façon sécurisée, d'un million de prestations, dont des électriciens et des plombiers, dans une vingtaine de grandes villes américaines).

1.1.2. OUTILS

La convergence de l'IoT, du cloud et du Big Data fait émerger de nouvelles opportunités pour l'analytique en libre-service. De plus en plus d'objets du quotidien seront dotés de capteurs capables de transmettre des informations. L'IoT (*the Internet of Things*, autrement dit l'Internet des objets) génère d'énormes quantités de données structurées et non structurées, qui sont de plus en plus déployées sur les services cloud. Ce sont souvent des données hétérogènes, stockées sur plusieurs systèmes relationnels et non relationnels. Même si les innovations en matière de stockage et de services gérés ont accéléré la capture, l'accès aux données et leur compréhension constituent toujours un défi de taille à l'autre bout de la chaîne. En conséquence, les utilisateurs sont de plus en plus nombreux à vouloir des outils analytiques leur permettant de se connecter facilement à une grande variété de sources de données hébergées dans le cloud et de les combiner. De tels outils doivent donner aux utilisateurs métier les moyens d'explorer et de visualiser tous les types de données, où qu'elles soient stockées. Les catalogues de métadonnées facilitent la découverte et la compréhension des données qui valent la peine d'être analysées à l'aide d'outils en libre-service. Des entreprises qui utilisent le machine Learning pour automatiser la recherche de données contribuent à répondre aux besoins des clients. Elles classifient les fichiers en utilisant des balises, mettent en évidence les relations entre les éléments de données et fournissent même des suggestions de requêtes par l'intermédiaire de leur interface utilisateur dotée d'une fonction de recherche. Les utilisateurs et les gestionnaires peuvent tous réduire le temps nécessaire pour trouver et interroger précisément les données, et leur faire confiance.

Nous avons besoin d'un ou plusieurs outils permettant l'accessibilité aux données clés au moyen d'une interface polyvalente et intuitive, et garantissant la durabilité de ces données qui permet de trouver l'information en langage naturel.

Pour illustrer ce propos quelques exemples d'utilisation future de données sont exposés ici :

- La valorisation des ressources issues du bâtiment via une augmentation du recyclage / du réemploi.
 - La numérisation et la description de l'existant, permet de décrire les objets de construction. Rajouter ces informations aux maquettes ouvrira la possibilité de conserver la mémoire de la composition des constituants du bâtiment en vue de leur recyclage et réemploi.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

- Développer l'utilisation des matériaux ou produits issus de filières courtes ou issus d'une logique d'allongement du cycle de la matière.
 - Identification des potentiels et opportunités du territoire quant aux filières disponibles.
- Éradiquer l'obsolescence, et favoriser l'adaptabilité et la transformabilité du bâti :
 - Réalités virtuelle, augmentée, mixte : tester et comprendre tout le potentiel des nouveaux logiciels et matériels qui donnent un nouveau sens à « l'expérience utilisateur ».
 - Côté Réalité Augmentée, des services pourront être explorés comme la visualisation des réseaux à travers les murs et le sol grâce à son téléphone, sa tablette ou un casque RA. Les informations de diamètres, matériaux, etc., sont affichées, auxquelles peuvent s'ajouter des annotations sur la mise en œuvre et l'entretien (notices, dates, etc.).
 - La RA peut permettre la visualisation contextuelle des notices (texte/vidéo) pour les chargés d'entretien et les usagers des divers équipements (climatisation, isolation, etc.), l'entretien nécessaire, la date d'entretien, explications, Atec, etc.
- Gestion de la fin de vie du bâtiment
 - Mieux caractériser les matériaux et produits constitutifs du bâtiment pour anticiper la gestion des flux de déchets ou de produits réemployables, issus des chantiers, en fonction des filières de valorisation existantes, notamment en proposant les méthodes de déconstruction et une logistique de stockage adaptée.

1.1.3. INFORMATIONS EMBARQUÉES

Nous avons besoin d'embarquer ces informations dans les objets eux-mêmes et constituer une carte d'identité pour les bâtiments, comportant une cartographie, une quantification et une qualification des différents types de matériaux utilisés, afin par exemple de faciliter le tri au moment de la déconstruction. Nous avons besoin comme pour les voitures d'une "prise" à laquelle se connecter en pied d'immeuble afin de décrypter la "valise diagnostic" du bâtiment, de recueillir les informations et de les traiter. Nous avons besoin d'une grande simplicité dans l'ergonomie de nos outils. Quand nous choisissons une porte coupe-feu 1/2H, il faut que l'ensemble des exigences soient embarquées c'est-à-dire, sa résistance EI 30, ses dimensions (hauteur, largeur), le ferme-porte, la barre de poussée, le revêtement, la couleur, etc.

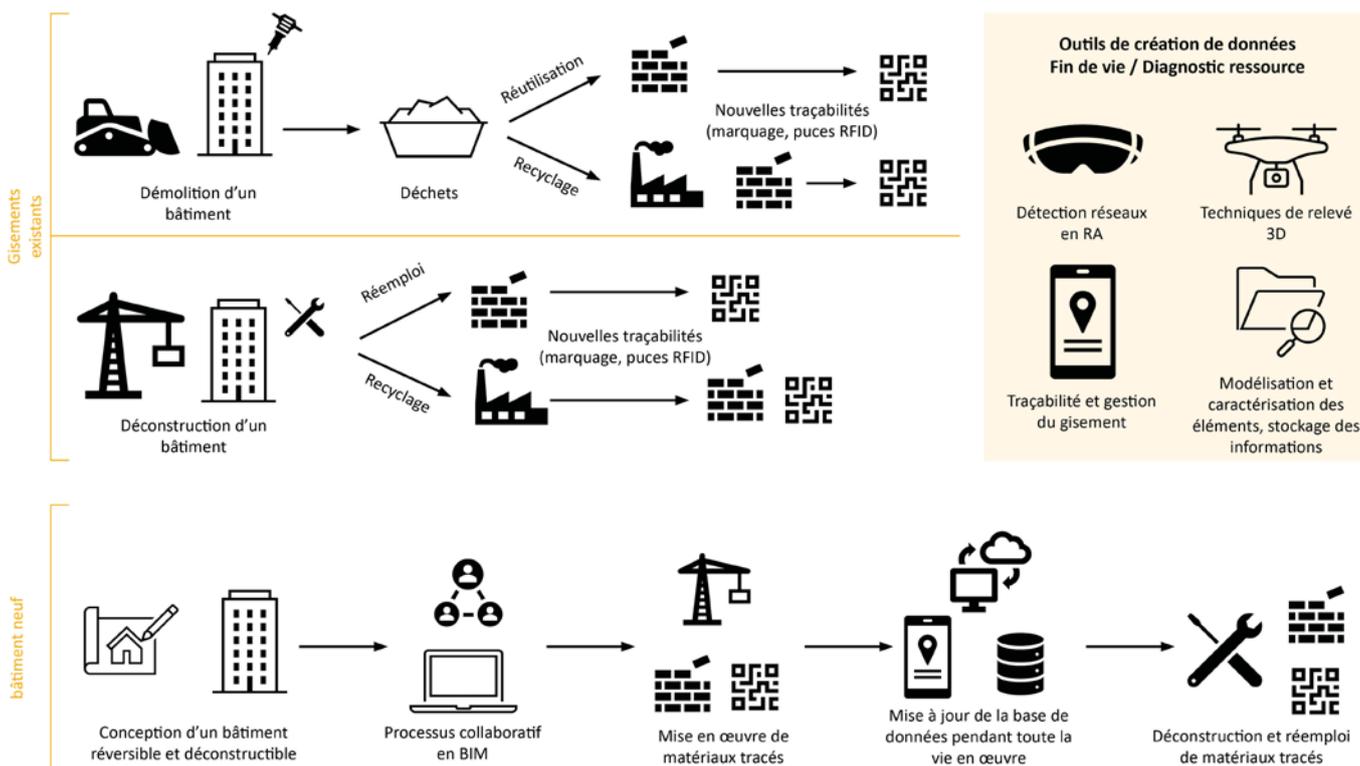


Figure 1 : Synthèse des stratégies pour une capitalisation de la donnée (© I. Bertin, setec).



1.2. L'environnement de la donnée hier et aujourd'hui

1.2.1. L'ENVIRONNEMENT PAPIER : DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS (DOE) - LE RISQUE DE PERTE

Bien que la constitution d'un dossier des ouvrages exécutés (DOE) soit éprouvée ces dernières décennies et remis au MOA (Maître d'Ouvrage), il arrive souvent que l'on en perde la trace au cours des années ou que des documents soient perdus ou dégradés. Le contenu du dossier des ouvrages exécutés (DOE) est fixé dans les documents particuliers du marché ; il comporte, au moins, les plans d'exécution conformes aux ouvrages exécutés établis par le titulaire, les notices de fonctionnement et les prescriptions de maintenance. Le papier peut donc constituer une source d'informations précieuses mais le mode de conservation est plus ou moins fiable. Il est courant que les archives soient détruites ce qui est préjudiciable au transfert des données de l'existant.

1.2.2. L'ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE : FICHIERS .PDF, .CAD ET RAPPELS DES DOCUMENTS CONTRACTUELS

Depuis la généralisation des outils numériques et notamment de la CAO (Conception Assistée par Ordinateur), les échanges de données au format numérique et de géométraux au format .PDF se sont démocratisés. Cependant le format papier reste de rigueur pour les pièces contractuelles d'importance. Le passage au tout numérique n'est pas encore assez encadré et le manque de compatibilité des outils métiers et des formats d'échanges ne favorisent pas l'interopérabilité. Le .PDF peut être un facilitateur des échanges notamment pour le stockage, mais pas un « fiabilisateur ».

1.2.3. LE BIM ET LE MANQUE D'ENCADREMENT DE CE PROCESSUS

L'apparition, récente, du BIM a considérablement ouvert le champ des possibles, autorisant la création quasi infinie de paramètres et de données attachées aux objets de la maquette numérique. Le BIM n'est pas totalement démocratisé et de nombreux acteurs du projet ne maîtrisent pas ces outils. La multiplication des données produites par les acteurs pose le problème de l'harmonisation des échanges et de la standardisation des informations. Que ce soit au niveau national ou international, on retrouve des programmes visant à normaliser les processus de génération des données et les modalités d'échanges (PPBIM, POBIM, ISO).

Une autre problématique est celle de la pérennité des fichiers numériques et leur fiabilité à long terme. De plus, dans l'objectif de la mise en place d'une économie circulaire, on peut difficilement caractériser les données dont on aura besoin dans 50 ans mais il faut d'ores et déjà capitaliser les données que l'on possède aujourd'hui.

1.2.4. LES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES AVEC L'EXISTANT

Les retours d'expériences issus des projets de réhabilitation doivent contribuer à améliorer l'anticipation des données nécessaires pour transformer et réutiliser les bâtiments existants. Ainsi on a souvent recours à des campagnes de carottages pour caractériser un béton afin de connaître ses réelles capacités structurales dont on a perdu la trace dans les archives. De plus les tests



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

destructifs peuvent être préjudiciables à la préservation de l'intégrité de la matière. Le parallèle peut être fait entre les protocoles de reconnaissance (pour les éléments structuraux par exemple) dans les bâtiments à réhabiliter et les protocoles à mettre en place lors d'un processus de réemploi des éléments déconstruits. Les constats établis aujourd'hui sur la difficulté de traiter un matériau récupéré quelconque doivent enrichir les pistes de recherches :

- Éviter les problématiques sanitaires
- Évaluer les performances résiduelles
- Anticiper la séparabilité des composants (pour en faciliter le recyclage)

Le réemploi et le recyclage nécessitent la mise en place d'une traçabilité afin de garantir une sécurité pour la remise en œuvre et assurer la couverture des responsabilités des différents acteurs impliqués dans les différents cycles de réemploi.

1.3. Les acteurs : générateurs, utilisateurs de la donnée

La donnée est avant tout la caractérisation de quelque chose. Cette caractérisation doit être limitée à un périmètre défini, en ce qui nous concerne à partir du moment de la production d'un produit ou d'un matériau de construction. Cette caractérisation concerne aussi bien l'état chimique que l'état mécanique qui auront, *in extenso*, des conséquences en termes environnementaux, sanitaires, structuraux, etc.

Par ailleurs, il faut anticiper les responsabilités induites par les générateurs de données. Il est primordial d'identifier quel type de donnée est généré à quel moment et par qui. Une possibilité est de laisser la responsabilité de la donnée produite au générateur (fabricant, bureau d'études, entreprises de construction, ...) et de l'héberger chez lui. Ainsi un industriel pourra garder la main sur sa donnée et pourra la protéger comme il l'entend. En cas de demande spécifique ou d'évolutions de la normalisation, il sera, par exemple, possible d'interroger la base de données de l'industriel.

1.3.1. UNE CHAÎNE D'ACTEURS DE LA FILIÈRE CONSTRUCTION

Différents acteurs interviennent à différents stades de transformation/utilisation de la matière. La confrontation et la coordination des différents intérêts de chacun doivent ici être étudiées sans perdre de vue l'objectif d'une économie circulaire. L'enjeu sera d'identifier parmi les acteurs :

- Les générateurs de la donnée,
- Les utilisateurs de la donnée,
- Les gestionnaires de la donnée,
- Les contrôleurs de la donnée,
- Les exploitants de la donnée.

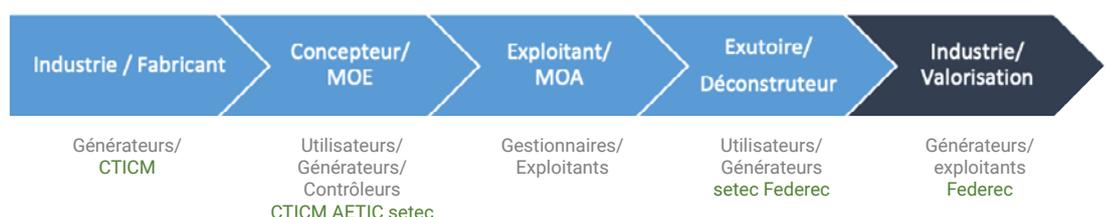


Figure 2 : Les acteurs de la donnée (en vert, le groupe recherche de l'enjeu « Capitalisation de la donnée »),
(© I. Bertin, setec).

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

La confrontation entre les acteurs en amont de la filière et ceux en aval devra permettre la distinction entre la base commune d'échanges et la propriété industrielle privée propre à l'acteur, afin de faire bénéficier l'ensemble des intervenants des données propices et nécessaires au développement de l'économie circulaire. Il semble plus judicieux d'initier cette caractérisation par filière de matériaux plutôt que par le bâtiment fini, car les filières sont mieux organisées.

1.3.2. ENJEUX PROPRES À LA « CAPITALISATION DE LA DONNÉE »

Dans le but de mettre en place et favoriser une généralisation de l'économie circulaire (allongement du cycle de la matière, réemploi, recyclage), il est indispensable de penser la traçabilité à très long terme. En effet, les éléments constitutifs d'un bâtiment doivent pouvoir être transmis à un concepteur d'un second cycle, différent du concepteur initial et ceci en toute indépendance. Ainsi sur la Figure 3, les trois principaux scénarios rencontrés dans la pratique sont exposés :

- Scénario 1, « traditionnel » : la fin de vie d'un bâtiment (projet A) consiste à valoriser les matériaux après démolition. On est dans le cas d'une économie linéaire.
- Scénario 2, « réemploi exclusif » : le réemploi est mis en place au sein d'une seule maîtrise d'ouvrage qui valorise ses matériaux pour ses propres besoins parmi ses projets (ici projet B1). La déconstruction peut être gérée directement en interne. On se place dans une économie circulaire.
- Scénario 3, « réemploi inclusif » : le réemploi est ouvert aux échanges de matériaux en externe, par exemple entre différents maîtres d'ouvrage, pour incorporation à un nouveau projet (B2). Les acteurs sont alors multipliés au sein de la boucle d'économie circulaire.

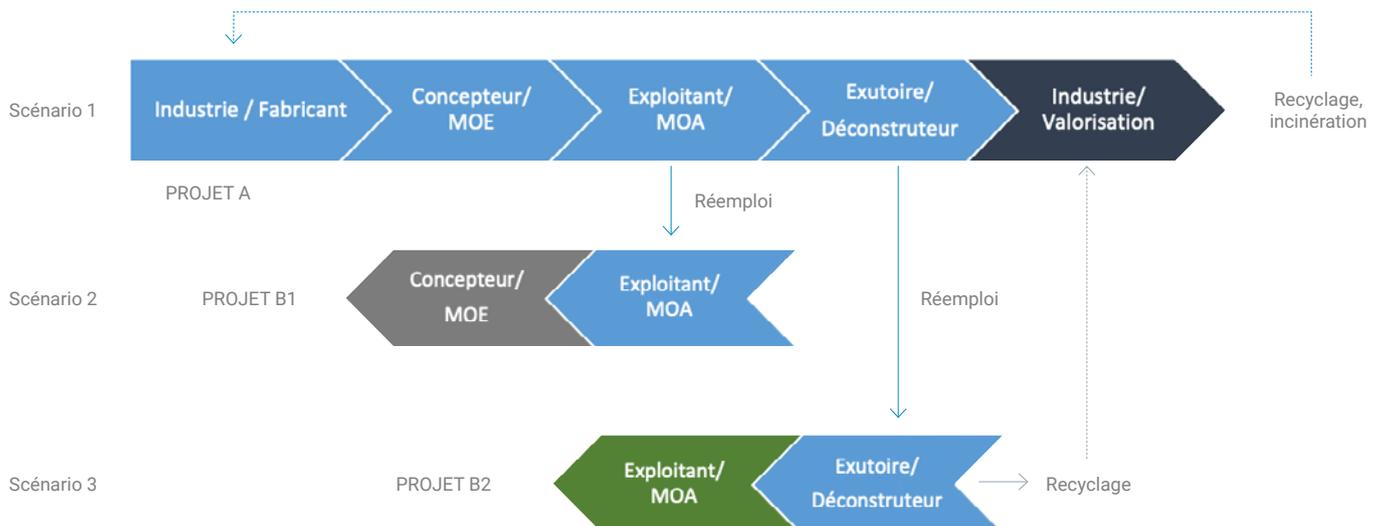


Figure 3 : Les acteurs de la donnée et la circularité des projets (© I. Bertin, setec).

Deux systèmes majeurs de données sont déjà en place et encadrés dans leur pratique :

- Le BIM issu de la conception et de l'exploitation des bâtiments,
- Le PIM issu de la fabrication et de la gestion des produits par les industriels.

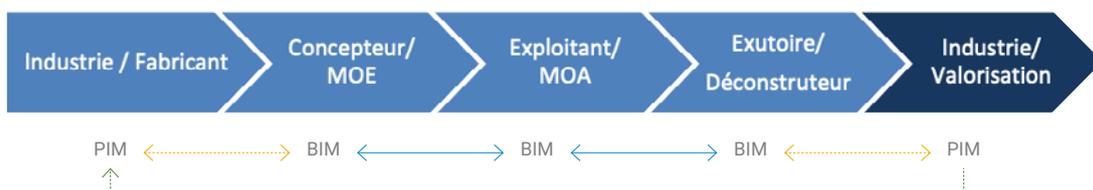


Figure 4 : Des transmissions de données à établir, (© I. Bertin, setec).



Des passerelles pour fluidifier les communications entre les différents systèmes seraient bénéfiques au transfert de la donnée et pourraient également autoriser le passage au CIM (City Information modeling) ou d'autres extensions à venir du BIM.

1.3.3. ILLUSTRATIONS DE CHAÎNES D'ACTEURS

Les pratiques actuelles sont basées principalement sur un recyclage de la matière lorsque les filières existent. Le recyclage des menuiseries composées de verre mais également de montants en PVC, en aluminium ou en bois, peut alors être cité comme exemple. Le cycle de vie d'une fenêtre et de ses composants est illustré dans la Figure 5.

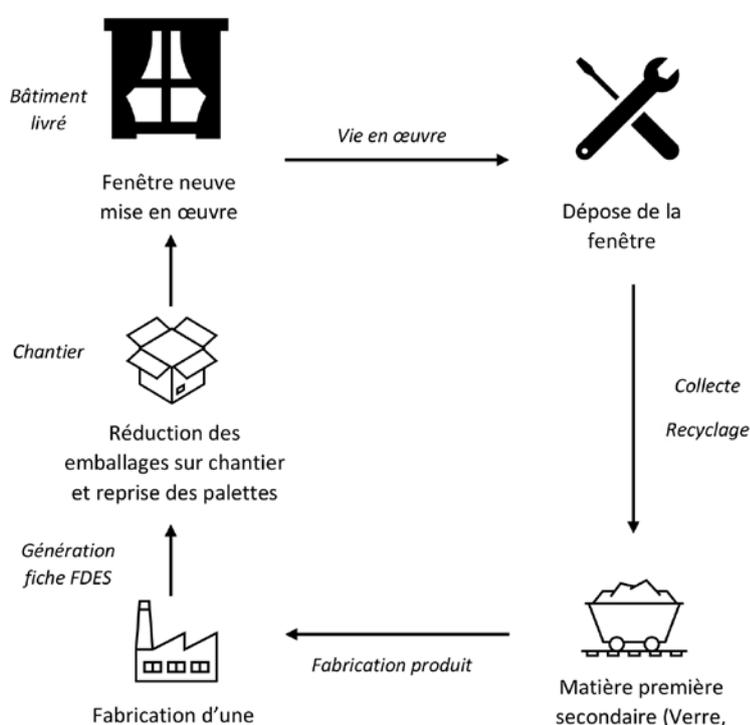


Figure 5 : Schéma simplifié du cycle de la matière aujourd'hui, (© I. Bertin, setec)

En cas de réemploi, la chaîne d'acteurs grandit pour permettre de répondre aux étapes complémentaires de ce process, comme illustré en Figure 6. Sur cette figure, la production de données se situe sur deux chemins :

- la conception (données issues de la maîtrise d'œuvre) suivie de la production (données issues de la fabrication)
- les éléments physiques de construction (données de production issues des fabricants de composants de construction)

Ces données sont ensuite synthétisées dans le DOE (dossier des ouvrages exécutés) numérique qui comporte donc, en plus, des données réelles du bâtiment (géométrie, calculs, physique, chimie, juridiques, normatives...)

Au cours de l'évolution du projet, les intervenants ne transmettent qu'une partie des données, celles que l'on demande dans le cadre de la convention BIM. Les données spécifiques à chacun ne sont donc pas transmises.

La filière acier, illustrée ici, a développé, à la fois des pratiques de recyclage et de réemploi, c'est pourquoi elle servira de base à l'étude de cas approfondie dans ce rapport en vue de généraliser ces pratiques.

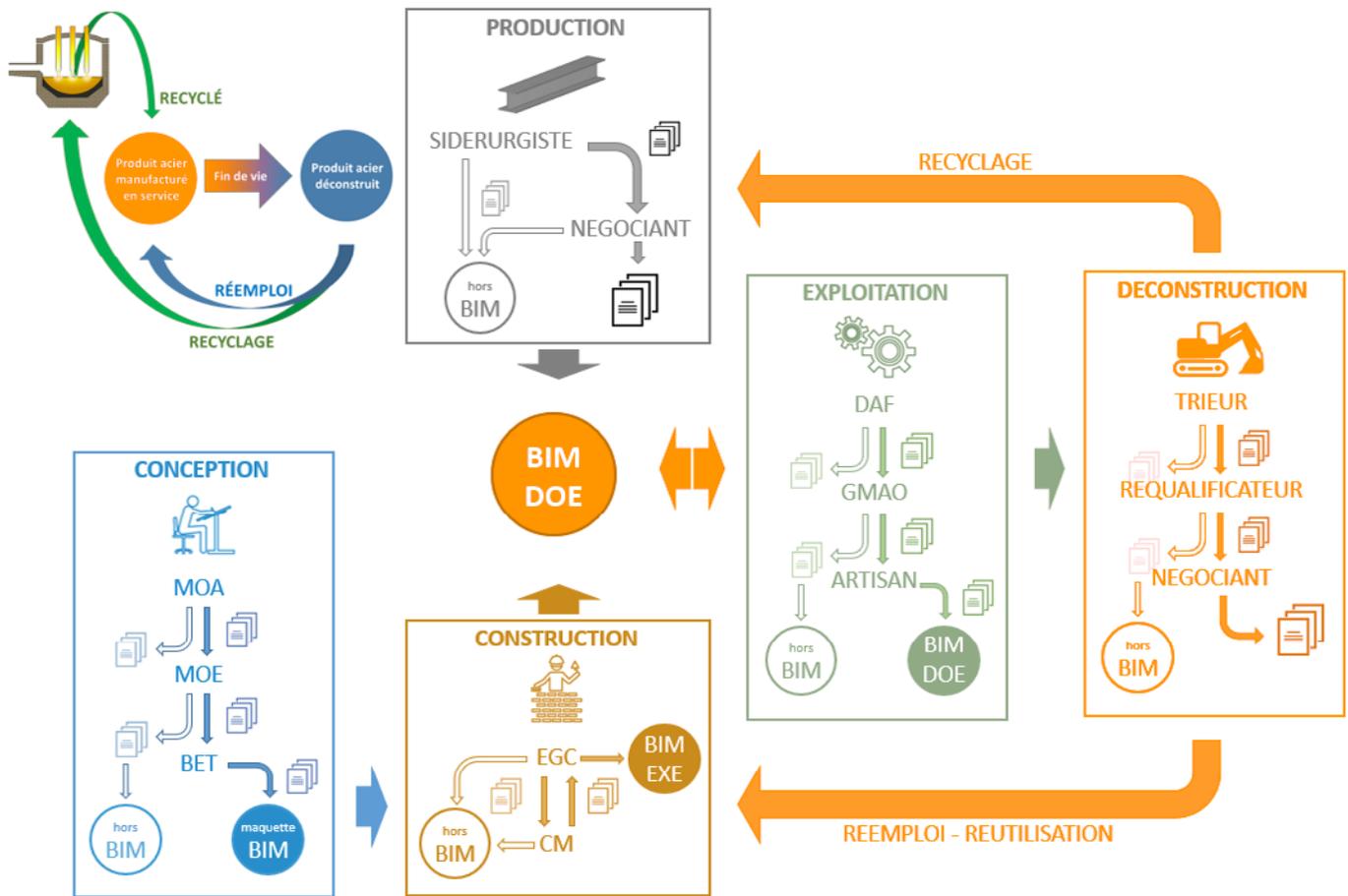


Figure 6 : Cycle de l'élément structural acier dans l'économie circulaire, (© P. Bonaud, CTICM).

Différents acteurs sont assignés à différentes phases du projet et génèrent ou utilisent des données différentes qu'il faudra compiler et tracer pour garantir une circularité in fine de la matière. L'enjeu est de conserver et tracer la donnée même lorsqu'elle n'est pas sollicitée à une étape du projet. La multiplication des acteurs provoque une multiplication des types de fichiers numériques et papiers. Le BIM présente tout de même le potentiel de concentrer l'information ou de contenir les liens renvoyant vers les fichiers spécifiques à chaque acteur.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS

- L'économie circulaire nécessite un renforcement de la traçabilité des éléments et de la matière, mis en œuvre dans les bâtiments, afin de les valoriser à leur juste valeur environnementale, technique, économique.
- A l'heure actuelle, cette information s'est généralement perdue et doit être partiellement reconstituée par des dispositifs qui peuvent s'avérer coûteux (diagnostics amiante / plomb / déchets / ressources, essais de caractérisation, ...)
- Les données nécessaires à une optimisation de la valorisation en fin de cycle doivent être identifiées et la valeur de l'information doit être organisée : quelle information ? quel acteur produit l'information ? de quelle information avons-nous besoin ?
- L'ensemble des acteurs de la construction doit converger vers une traçabilité accrue, bien que les méthodes, les logiciels utilisés, soient propres à chacun.
- Le support de cette donnée doit être défini : support numérique ? support physique ? niveaux de sécurité ?
- La transmission ou l'accès de la donnée tout au long de la chaîne de construction doit être précisée.

Pour permettre de comprendre l'environnement de la donnée, un glossaire en partie 2 proposera le vocabulaire commun à adopter. Ensuite, un état de l'art, en partie 3 concernant les objectifs cités précédemment permettra de se référer aux travaux déjà élaborés et aux manques identifiés pour améliorer la capitalisation de la donnée.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

2.

Glossaire

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Ce glossaire permet de définir les différents termes regroupés autour des thématiques principales :

- Des acteurs de la construction et des projets,
- De la valorisation matière,
- Des déchets,
- Du BIM,
- De la gestion de la donnée.

De nombreuses définitions sont celles du Code l'Environnement dont les articles seront indiqués.

2.1. Termes relatifs aux acteurs de la construction et aux projets

ACTEUR personne, organisation ou unité d'organisation (département, équipe, etc.) impliquée dans un processus de construction.

DÉSIGNATION instruction ayant fait l'objet d'un accord pour la fourniture d'ouvrages, de produits ou de services. Ce terme est employé quelle que soit la nature de la désignation entre les parties (formelle ou non).

PARTIE DÉSIGNÉE partie fournissant des informations relatives à des ouvrages, des produits ou des services. Pour chaque équipe de production, il convient d'identifier une partie désignée principale qui peut être la même organisation que celle des équipes de travail.

PARTIE DÉSIGNANTE récepteur des informations relatives aux ouvrages, produits ou services fournis par une partie désignée principale. En France, la partie désignante est appelée maître d'ouvrage (MOA), propriétaire.

EQUIPE DE PRODUCTION partie désignée principale et parties désignées associées. La taille d'une équipe de production peut aller d'une seule personne exécutant toutes les fonctions nécessaires jusqu'à des équipes de travail multicouches complexes. La taille et la structure de chaque équipe de production sont adaptées à l'échelle et à la complexité des activités de gestion d'actifs ou de réalisation de projet. Plusieurs équipes de production peuvent être désignées simultanément et/ou séquentiellement en lien avec un seul actif ou projet, en fonction de l'échelle et de la complexité des activités de gestion d'actifs ou de réalisation de projet. Une équipe de production peut se composer de plusieurs équipes de travail au sein de l'organisation de la partie désignée principale et de toutes parties désignées.

PHASE DE RÉALISATION partie du cycle de vie pendant laquelle un actif est conçu, construit et mis en service.

PHASE D'EXPLOITATION partie du cycle de vie pendant laquelle l'actif est utilisé, exploité et entretenu.

ÉVÈNEMENT DÉCLENCHEUR événement planifié ou non planifié qui change un actif ou son état pendant son cycle de vie. Pendant la phase de réalisation, les événements déclencheurs reflètent normalement la fin des étapes du projet.

PRINCIPAL POINT DE DÉCISION moment au cours du cycle de vie où est prise une décision cruciale pour la conduite ou la viabilité de l'actif. Au cours d'un projet, ces points de décision sont généralement alignés sur les étapes du projet.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Loi MOP La loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 modifiée relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée (loi MOP), est l'un des principaux textes qui encadrent en France le droit de la construction publique. Elle s'applique dans les relations entre les différents intervenants publics et privés lors d'une construction ordonnée par une entité publique.

MOA Le maître de l'ouvrage (MOA) est défini par la loi MOP. Il s'agit de la personne morale [...] pour laquelle l'ouvrage est construit. En matière de construction publique, il va généralement s'agir de l'État ou d'une collectivité territoriale. Cependant, le maître d'ouvrage peut aussi être une entité intervenant pour le compte de l'État dans le cadre d'une mission de service public

MOE Le maître d'œuvre (MOE) est défini par la loi MOP. Le maître d'œuvre est la personne qui détient une compétence technique et qui est chargée, par le maître d'ouvrage, de concevoir, de coordonner et de contrôler la bonne exécution des travaux. Pour que la loi MOP s'applique, le maître d'œuvre doit être une entité privée. La mission de maîtrise d'œuvre que le MOA peut confier à une personne de droit privé ou à un groupement de personnes de droit privé doit permettre d'apporter une réponse architecturale, technique et économique au programme.

AMO L'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage peut être entendue au sens du code de la commande publique. Le maître d'ouvrage peut alors passer des marchés publics d'assistance à maîtrise d'ouvrage portant sur un ou plusieurs objets spécialisés, notamment en ce qui concerne tout ou partie de l'élaboration du programme, la fixation de l'enveloppe financière prévisionnelle de l'opération ou le conseil spécialisé dans un domaine technique, financier, juridique ou administratif. Plus globalement, un maître d'ouvrage privé peut également s'entourer d'un assistant à la maîtrise d'ouvrage pour un sujet spécifique.

DOE Le contenu du dossier des ouvrages exécutés (DOE) est fixé dans les documents particuliers du marché ; il comporte, au moins, les plans d'exécution conformes aux ouvrages exécutés établis par le titulaire, les notices de fonctionnement et les prescriptions de maintenance. Outre l'ensemble des plans et descriptifs concernant les réseaux, les revêtements, les plantations, le mobilier et les détails d'exécution du chantier, il comprend également les notes de calculs et tous les manuels d'utilisateurs, de maintenance et les fiches techniques, fournis par les fabricants des matériaux et matériels lors de la réalisation de l'ouvrage afin de permettre l'exploitation et l'entretien ultérieurs de l'équipement. C'est un document clé pour la capitalisation de la donnée.

LES ENTREPRISES DU BÂTIMENT Elles intègrent les entreprises générales du bâtiment, les entreprises de la démolition / déconstruction, les entreprises de curage, les corps d'état (tels que les électriciens, plombiers, ...). (DEMOCLES : les clés de la démolition durable)

EGC Entreprise générale de construction

BET Bureaux d'études techniques

LES GESTIONNAIRES DE DÉCHETS Ils intègrent les logisticiens, les centres de massifications, les centres de tri, les recycleurs y compris les régénérateurs. (DEMOCLES : les clés de la démolition durable)

LES INDUSTRIELS Ils désignent ici la chaîne industrielle des matériaux de construction, principalement, les fabricants de produits de construction.

GMAO Gestion de maintenance assistée par ordinateur.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

2.2.

Valorisation matière : Prévention, réemploi, réutilisation, recyclage

PRÉVENTION toutes mesures prises avant qu'une substance, une matière ou un produit ne devienne un déchet. Ces mesures concourent à la réduction de la quantité de déchets générés, y compris par l'intermédiaire du réemploi ou de la prolongation de la durée d'usage. (Art. L541-1-1)

RÉEMPLOI toute opération par laquelle des substances, matières ou produits **qui ne sont pas des déchets** sont utilisés de nouveau pour un **usage identique** à celui pour lequel ils avaient été conçus. (Art. L541-1-1)

RÉUTILISATION toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui **sont devenus des déchets** sont utilisés de nouveau. (Art. L541-1-1)

PRÉPARATION EN VUE DE LA RÉUTILISATION toute opération de contrôle, de nettoyage ou de réparation en vue de la valorisation par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont préparés de manière à être réutilisés sans autre opération de prétraitement. (Art. L541-1-1)

RECYCLAGE toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblaiement ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage. (Art. L541-1-1).

DÉTOURNEMENT On remarque que parmi ces notions de la catégorie « Valorisation matière » est absente celle du détournement de substances, matières ou produits qui sont utilisés de nouveau, sans être devenus des déchets et non nécessairement pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus).

DÉCLASSEMENT Ce terme définit l'aptitude à un nouvel emploi pour un usage moindre à celui pour lequel ils avaient été conçus, donc selon des performances plus ou moins diminuées.

DIAGNOSTIC DÉCHETS Ce diagnostic fournit la nature, la quantité et la localisation dans l'emprise de l'opération de démolition :

- des matériaux, produits de construction et équipements constitutifs des bâtiments ;
- des déchets résiduels issus de l'usage et de l'occupation des bâtiments.
- les indications sur les possibilités de réemploi sur le site de l'opération ;
- l'estimation de la nature et de la quantité des matériaux qui peuvent être réemployés sur le site ;
- à défaut de réemploi sur le site, les indications sur les filières de gestion des déchets issus de la démolition ;
- l'estimation de la nature et de la quantité des matériaux issus de la démolition destinés à être valorisés ou éliminés.

Ce diagnostic est réalisé suite à un repérage sur site. Toutes les modalités portant sur l'obligation de réaliser un tel diagnostic sont précisées dans le Décret n° 2011-610 du 31 mai 2011 relatif au diagnostic portant sur la gestion des déchets issus de la démolition de catégories de bâtiments.

DIAGNOSTIC RESSOURCES (INFORMEL) Jusqu'à maintenant, le diagnostic ressources était proposé par les acteurs du réemploi dans le cadre d'une démarche volontaire du MOA. Il s'agissait d'une mission non réglementaire qui avait pour but de répertorier le maximum de matériaux réemployables avant la déconstruction d'un bâtiment. Le diagnostic ressources vérifie donc les performances d'un produit de

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

seconde vie et leur corrélation avec des domaines de réemploi possibles. La loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire précise l'objet d'un tel diagnostic et le cadre de sa réalisation.

DIAGNOSTIC « PRODUITS-MATÉRIEAUX-DÉCHETS » L'Art. L. 111-10-4. de la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire, définit un nouveau diagnostic qui fusionne le diagnostic déchets avec le diagnostic ressource. Ainsi, « le maître d'ouvrage est tenu de réaliser un diagnostic relatif à la gestion des produits, matériaux et déchets issus de ces travaux. Ce diagnostic fournit les informations nécessaires relatives aux produits, matériaux et déchets en vue, en priorité, de leur réemploi ou, à défaut, de leur valorisation, en indiquant les filières de recyclage recommandées et en préconisant les analyses complémentaires permettant de s'assurer du caractère réutilisable de ces produits et matériaux. Il comprend des orientations visant à assurer la traçabilité de ces produits, matériaux et déchets. En cas d'impossibilité de réemploi ou de valorisation, le diagnostic précise les modalités d'élimination des déchets ». Un futur décret doit préciser les modalités de réalisation de ce diagnostic.

2.3. A propos de déchets

RESPONSABILITÉ PARTAGÉE DU DÉCHET D'après le Code de l'environnement, « tout producteur ou détenteur de déchets est responsable de la gestion de ces déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers ». La traçabilité est donc devenue un moyen essentiel de prouver en amont que l'entrepreneur a bien rempli ses obligations, et de contribuer en aval à la qualité des matériaux recyclés ou récupérés. (cf. Annexes, 7.1)

DÉCHET toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire (Art. L. 541-1-1)

CLASSEMENTS DES DÉCHETS Dans la réglementation française, l'art. R. 541-8 classe les déchets selon 3 grandes catégories qui servent de base pour les dispositions relatives au traitement et/ou à l'élimination : les déchets dangereux, les déchets non dangereux non inertes, les déchets inertes.

LES DÉCHETS DANGEREUX sont des déchets qui peuvent générer des nuisances pour la santé humaine et/ou pour l'environnement. La définition du déchet dangereux est donnée à l'art. R. 541-8.

LES DÉCHETS INERTES Ce sont des déchets qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique avec l'environnement. Ils ne sont pas biodégradables et ne se décomposent pas au contact d'autres matières. Les définitions européennes qualifient ces déchets de déchets minéraux, dont ils proviennent en quasi-totalité. Les déchets inertes sont principalement issus du secteur de la construction et des travaux publics (Art. L541-2-1).

LES DÉCHETS NON DANGEREUX NON-INERTES Ils sont définis par défaut comme ne présentant pas les caractéristiques spécifiques des déchets dangereux ou des déchets inertes.

LE CATALOGUE EUROPÉEN DES DÉCHETS (CED) La gestion des déchets a obligé très tôt les différentes parties prenantes (administration, établissements publics, collectivités, producteurs de déchets...) à utiliser un langage commun. Pour cette raison un catalogue européen des déchets (CED) a été publié par la Commission Européenne. Sa finalité première est de permettre le classement détaillé des déchets issus de l'industrie. Chaque déchet est désigné par son code de nomenclature (code à 6 chiffres, annexes II de l'art. R. 541-8. Les déchets sont identifiés par leur secteur d'activité de provenance (exploitation des mines, transformation du bois, industrie du cuir...). Cette nomenclature regroupe plus de 600 codes classés selon 20 chapitres différents. Cette classification identifie spécifiquement les déchets dangereux par une étoile juxtaposée à leur code numérique.

DÉCHET ULTIME C'est un déchet qui n'est plus susceptible d'être réutilisé ou valorisé dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux. (Art. L 541-1).

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

MPiR Matières Premières issues du Recyclage

GESTION DES DÉCHETS Elle regroupe la collecte, le transport, la valorisation et, l'élimination des déchets et, plus largement, toute activité participant de l'organisation de la prise en charge des déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement final, y compris les activités de négoce ou de courtage et la supervision de l'ensemble de ces opérations (Art. L541-1-1).

SORTIE DU STATUT DE DÉCHETS Selon l'Art. L541-4-3, un déchet cesse d'être un déchet après avoir été traité dans une installation classée soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration et avoir subi une opération de valorisation, notamment de recyclage ou de préparation en vue de la réutilisation, s'il répond à des critères remplissant l'ensemble des conditions suivantes :

- la substance ou l'objet est couramment utilisé à des fins spécifiques ;
- il existe une demande pour une telle substance ou objet, elle répond à un marché ;
- la substance ou l'objet remplit les exigences techniques et respecte la législation et les normes applicables aux produits ;
- son utilisation n'aura pas d'effets globaux nocifs pour l'environnement ou la santé humaine.

2.4. Terminologie du BIM

Les termes couramment employés lorsque l'on traite du BIM sont généralement issus de textes ou guides de référence au sein desquels, parfois, les définitions divergent d'un document à l'autre. Le glossaire établi ci-après présente les termes employés ici et leur définition. Il est donc impératif que le maître d'ouvrage affiche le sens des termes communs apparaissant dans ses documents, dans le but de limiter les interprétations et leurs conséquences possibles.

BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) Il s'agit d'une méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une maquette numérique. Dans un processus BIM, chaque acteur de la construction crée, renseigne et utilise cette maquette, pour en tirer les informations dont il a besoin pour son métier. En retour, il alimente la maquette de nouvelles informations pour aboutir au final à un ensemble d'objets virtuels, représentatifs de la construction, renseignés de leurs caractéristiques géométriques et de leurs propriétés de comportement.

BIM MANAGEMENT Le *BIM Management* vise à l'organisation des méthodes et processus permettant notamment l'établissement et le suivi de la maquette numérique par la maîtrise d'œuvre et les entreprises. Ce cadre organisationnel est décrit dans un document appelé « Convention BIM ». Celle-ci est élaborée, rédigée et mise à jour en coordination et accord avec l'ensemble des parties intervenantes concernées par le *BIM Manager*, désigné par la maîtrise d'ouvrage.

MAQUETTE NUMÉRIQUE L'expression Maquette numérique est entrée dans le langage courant pour désigner le *Building Information Model*. Il s'agit d'une représentation numérique tridimensionnelle des caractéristiques fonctionnelles et/ou physiques de l'ouvrage. Elle est constituée d'objets et d'espaces identifiés et renseignés (nature, composition, propriétés physiques, mécaniques, comportement, performances...). Elle décrit l'ouvrage pendant tout ou partie de son cycle de vie : programmation, conception, réalisation, réception, livraison, exploitation, maintenance, rénovation, déconstruction. La maquette numérique décrivant un ouvrage peut être unique ou résultante de l'assemblage de maquettes et/ou modèles métiers complémentaires.

CHARTRE BIM C'est un document générique élaboré par le maître d'ouvrage (et/ou son AMO BIM) traduisant sa politique en termes de qualité et de performances attendues du BIM pour l'ensemble de ses projets, et recensant notamment les exigences et les objectifs à satisfaire pour que le processus BIM des opérations puisse alimenter la maquette DEM, d'entretien/exploitation/maintenance de son patrimoine.

CAHIER DES CHARGES BIM Il s'agit du document précisant pour le projet les exigences et objectifs des intervenants successifs du projet, incluant ceux de la charte BIM du maître d'ouvrage. Il constitue le volet BIM du programme.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

CONVENTION BIM C'est le document décrivant les méthodes organisationnelles, de représentation graphique, la gestion et le transfert des données du projet, ainsi que les processus, les modèles, les utilisations, le rôle de chaque intervenant, et l'environnement collaboratif du BIM. À chaque étape du cycle de vie du projet la convention doit évoluer, être mise à jour afin de s'adapter aux nouveaux acteurs, à des usages nouveaux ou à des nécessités du projet. La convention BIM est établie par le *BIM Manager*. Le rôle du maître d'ouvrage doit néanmoins être défini car faisant partie intégrante du processus BIM.

IFC *L'Industry Foundation Classes (IFC)* est le format (.ifc ; .ifcxml ; .ifczip) open source d'échange de maquette numérique dans le domaine de la construction. Il permet d'assurer l'interopérabilité des données produites entre les logiciels d'éditeurs différents. Le format IFC est porteur d'un modèle de données orienté objet (selon la norme ISO 10303) qui se présente donc sous la forme d'un ensemble de classes d'objets. Depuis mars 2013, la version 4 Addendum 2 (IFC 4) du modèle de données est normé ISO 16 739.

BCF *BIM Collaboration Format* : format neutre permettant d'annoter et de commenter un modèle numérique en vue d'échanges, le post-it du BIM. Il est compatible avec la plupart des logiciels et *viewers*.

INTEROPÉRABILITÉ Capacité d'échanger, par la présence d'un standard neutre et ouvert, des données entre les différents « modèles » sans dépendre d'un acteur ou d'un outil/logiciel en particulier.

OPENBIM Désigne l'interopérabilité pour le BIM. C'est la possibilité de pouvoir échanger des données entre logiciels BIM d'éditeurs différents, grâce à un standard d'échange. La norme reconnue d'interopérabilité BIM est l'IFC, développée par l'association buildingSMART.

LOIN (LEVEL OF INFORMATION NEED), NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT Niveau nécessaire d'informations lié aux objets en matière de détails, de coordination et d'information. C'est la somme des niveaux :

- De détail : description des granularités de la propriété géométrique des maquettes numériques qui seront attendues aux différents stades du projet de construction ;
- Et d'information : description de la granularité des données et propriétés incluses dans le modèle 3D. Il existe plusieurs niveaux de développement, de plus en plus précis en fonction des besoins de l'avancement du projet.

Les LOIN regroupent, sous une même définition, deux précédentes notions : les LOD (*Level of Detail*) et les LOI (*Level of Information*).

SYSTÈMES DE CLASSIFICATIONS Un système de classification est une méthode permettant d'organiser et structurer des éléments, particulièrement les objets contenus dans une maquette numérique BIM. Le classement de ces entités est organisé notamment par regroupement d'objets qui présentent des caractéristiques ou des comportements similaires (Exemple : classe des « Portes »). On trouve également une structuration en fonction de domaines qui correspondent à des points de vue des différents utilisateurs (Exemple : fonctions, phases, rôles, acteurs, etc.). Une codification est associée à chaque nœud de cette matrice de structuration de la sémantique de la donnée. Ce sont ces codes qui permettent à tous les acteurs de définir, identifier et comprendre de façon unique et non ambiguë tous les éléments et les informations composants un modèle numérique BIM.

FORMAT PROPRIÉTAIRE Autrement appelé format natif, un format de fichier est propriétaire lorsqu'il caractérise un éditeur disposant d'une solution logicielle ou d'une gamme de solutions capables d'exploiter les données du fichier. Un format propriétaire est régi par les lois relatives au *copyright* (©) et à la *Trade mark* (TM) et n'est généralement pas compatible avec d'autres formats propriétaires.

FORMAT OUVERT Un format de fichier est ouvert par opposition au format propriétaire quand il permet d'être échangé entre plusieurs logiciels. Un format de fichier ouvert définit un protocole de communication, d'interconnexion, d'échange ou tout format interopérable de données dont les spécifications techniques sont publiques et sans restriction d'accès ni de mise en œuvre.

MAQUETTE NUMÉRIQUE DOE C'est la maquette numérique livrée correspondant *in fine* au modèle du bâtiment tel que construit. Livrée à la maîtrise d'ouvrage avec l'ensemble de la documentation technique, elle peut être liée à celle-ci via des liens hypertextes.

MAQUETTE NUMÉRIQUE D'EXPLOITATION (MAQUETTE DEM) C'est la maquette numérique obtenue à partir de la maquette numérique DOE allégée, ne contenant que des éléments utiles à la gestion du patrimoine



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

DEM Dossier d'Exploitation Maintenance avec réalisation d'une maquette susceptible d'être exploitée en phase de maintenance postérieurement à la réception.

DIMENSIONS DU BIM Outre les 3 dimensions, la maquette numérique intègre aussi la dimension temps (4D), les datas financières (5D), environnementales (6D), patrimoniales (7D), ... C'est donc avant tout une base de données techniques, constituée d'objets définis par leurs caractéristiques et leurs relations entre eux. Le tout forme un ensemble structuré d'informations sur un ouvrage (buildingSMART). La 6D traite donc de tout ce qui concerne le développement durable d'un bâtiment, par exemple les analyses énergétiques mais pourrait également inclure les données relatives à l'économie circulaire.

2.5. Termes relatifs à la gestion de l'information

INFORMATION C'est une représentation des données qui est « réinterprétable » sous un aspect formalisé adapté à la communication, à l'interprétation ou au traitement. L'information peut être traitée par des moyens humains ou automatiques.

EXIGENCE D'INFORMATION Spécification établissant l'information à produire, l'instant où elle doit l'être, sa méthode de production et son destinataire.

EXIGENCES D'INFORMATION DE L'ORGANISATION, OIR (ORGANIZATIONAL INFORMATION REQUIREMENTS) exigences d'information en lien avec les objectifs de l'organisation.

EXIGENCES D'INFORMATION D'ACTIF AIR (ASSET INFORMATION REQUIREMENTS) exigences d'information en lien avec l'exploitation d'un actif.

EXIGENCES D'INFORMATION DU PROJET PIR (PROJECT INFORMATION REQUIREMENTS) exigences d'information en lien avec la livraison d'un actif.

EXIGENCES D'ÉCHANGE D'INFORMATIONS EIR (EXCHANGE INFORMATION REQUIREMENTS) exigences d'information en lien avec une désignation.

ÉCHANGER DES INFORMATIONS action consistant à satisfaire une exigence d'information ou l'une de ses parties.

MODÈLE D'INFORMATION ensemble de conteneurs d'information structurés et non structurés.

MODÈLE D'INFORMATION D'ACTIF AIM (ASSET INFORMATION MODEL) modèle d'information se rapportant à la phase d'exploitation.

FÉDÉRATION création d'un modèle d'information composite à partir de conteneurs d'information séparés.

CONTENEUR D'INFORMATION ensemble nommé persistant d'informations récupérables au sein d'une hiérarchie de stockage de fichier, de système ou d'application. (Exemple : Sous-répertoire, fichier d'informations (modèle, document, tableau et calendrier inclus), ou sous-ensemble distinct d'un fichier d'informations tel qu'un chapitre ou une section, une couche ou un symbole.) Les conteneurs d'information structurés incluent les modèles géométriques, les calendriers et les bases de données. Les conteneurs d'information non structurés incluent la documentation, les clips vidéo et les enregistrements sonores. Les informations persistantes existent sur une échelle de temps suffisamment longue pour pouvoir les gérer, c'est-à-dire qu'elles excluent les informations transitoires telles que les résultats de recherches sur Internet. Il convient que les conteneurs d'information soient conformes à une convention de nommage convenue.

MODÉLISATION D'INFORMATIONS DE LA CONSTRUCTION BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) utilisation d'une représentation numérique partagée d'un actif bâti pour faciliter les processus de

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

conception, de construction et d'exploitation et former une base fiable permettant les prises de décision. Les actifs bâtis comprennent, mais sans s'y limiter, les bâtiments, les ponts, les routes, les usines. (ISO 29481-1 : 2016, 3.2, modifiée)

NIVEAU DU BESOIN D'INFORMATION cadre qui définit l'étendue et la granularité de l'information. La définition du niveau du besoin d'information vise notamment à éviter la livraison d'une quantité d'informations trop importante. (cf. définition des LOIN pour le domaine du BIM).

DATA SCIENCE La Data Science, ou science des données, est un mélange disciplinaire entre la *data inference*, le développement d'algorithme et la technologie, dont l'objectif est la résolution de problèmes analytiques complexes. Au cœur de ce grand mélange, on retrouve les données, les quantités massives d'informations brutes stockées dans les *data warehouses* des entreprises. Concrètement, la science des données permet d'utiliser les données de façon créative pour générer une valeur pour les entreprises. (lebigdata.fr)

TRAÇABILITÉ C'est l'aptitude à retrouver l'historique et l'utilisation ou la localisation d'un article ou d'une activité au moyen d'une identification enregistrée (norme ISO 8402). Elle fournit les mécanismes de la création d'un flux continu d'information. Elle a pour objectif de limiter la discontinuité de l'information tout au long de la chaîne de valeur par la mise en place d'un système de documentation et d'enregistrement liés aux transactions commerciales entre opérateurs. Les éléments nécessaires à sa mise en œuvre impliquent pour les opérateurs de s'assurer, à chaque étape de la mise sur le marché, du transfert de l'information sous la forme d'un étiquetage ou de documents d'accompagnement et sa conservation dans des registres. La traçabilité permet ainsi l'identification de :

- toutes les étapes du parcours de fabrication du produit,
- la provenance des composants et des fournisseurs,
- tous les lieux où le produit ou les composants ont été entreposés,
- tous les contrôles effectués sur le produit et ses composants,
- tous les échanges commerciaux entre les différents grossistes, fournisseurs et revendeurs,
- tous les équipements utilisés pendant le cycle de fabrication,
- tous les clients qui ont consommé le produit.

(Actu-environnement.com et ooreka.fr)

SYNTHÈSE DES ENJEUX

- La donnée dans l'économie circulaire rencontre différents domaines dont il faut maîtriser le vocabulaire et les enjeux.
- La capitalisation de la donnée dans le domaine de la construction nécessite le rappel de définitions concernant : les acteurs de la construction et les projets, la valorisation matière, les déchets, le BIM, la gestion de la donnée.
- Les définitions émanant du Code l'Environnement induisent un certain nombre de responsabilités et d'objectifs pour l'ensemble des acteurs de la construction qui doivent intégrer ces obligations dans leurs (nouvelles) pratiques autour de l'économie circulaire.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

3.

Etat de l'art



3.1. L'environnement BIM

Bien que cet enjeu « Capitalisation de la donnée » ne soit pas focalisé sur le BIM, un grand potentiel est proposé par l'univers BIM qui regroupe à la fois une maquette numérique, un process, un management. En effet, les logiciels BIM laissent la possibilité de créer et d'attacher une infinité d'attributs aux objets contenus dans les maquettes BIM. Afin de mieux saisir le processus BIM, un rappel des notions est développé ici, et s'appuie notamment sur buildingSMART comme référence.

3.1.1. MAQUETTE, DIMENSIONS JUSQU'À 7D, NIVEAUX

3.1.1.1. MAQUETTE VOLUMIQUE

Une maquette numérique c'est avant tout un projet, un bâtiment représenté en volume dans un logiciel de modélisation. Ce logiciel, s'il est compatible avec le processus BIM permet d'attacher de nombreuses données aux objets qui vont constituer le bâtiment (ou autre projet) modélisé.

3.1.1.2. DIMENSIONS DU BIM

Ces données ont été regroupées théoriquement par thématique identifiée autour d'une dimension :

- 3D : caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un bâtiment
- 4D : données temporelles, notamment pour établir le phasage
- 5D : données financières, pour les chiffrages
- 6D : données environnementales dans le but d'accompagner le développement durable (évaluer, faciliter l'ACV, permettre le calcul de référentiel comme LEED ou BREEAM...)
- 7D : données relatives à l'exploitation et la maintenance du bâtiment

Selon les possibilités offertes par le logiciel BIM utilisé, ces données pourront être renseignées plus ou moins aisément. Les données sont également affinées au fur et à mesure de l'avancement des phases du projet. De plus, les compétences métiers sont à adapter à cet outil et les temps de travail à prendre en compte. Bien que le BIM permette, à terme, de gagner en temps et en qualité ; tous les acteurs ne maîtrisent pas encore les méthodologies adéquates. Un compromis est donc à trouver notamment au sein des équipes de conception.

3.1.1.3. NIVEAUX DU BIM

En plus de la multiplication des données, le BIM permet un travail collaboratif et le partage de maquette. Là aussi une temporisation est observée. Le BIM définit principalement 3 niveaux de collaboration :

- Niveau 1 : process collaboratif au sein d'une entreprise (par ex : l'ingénieur structure et son projeteur mettent au point la maquette structure d'un bâtiment)
- Niveau 2 : la maquette est partagée avec des partenaires extérieurs. Une confrontation des maquettes est faite par les partenaires. Une méthodologie de synthèse doit être mise en place
- Niveau 3 : la maquette est unique et tous les partenaires interviennent, potentiellement en temps réel sur cette maquette. Ce niveau n'est pas répandu dans la pratique car il est difficilement compatible avec les responsabilités de chaque intervenant. Il demande également une grande maîtrise de l'outil et du processus collaboratif ainsi qu'un support informatique puissant.

3.1.2. ENVIRONNEMENT NORMALISÉ DU BIM

3.1.2.1. SYSTÈMES DE CLASSIFICATION

Dans le BIM, les systèmes de classification (définis par la norme ISO 22274:2013) permettent de nommer, d'analyser, d'organiser, de hiérarchiser et d'identifier les composants d'un ouvrage (on parle de classes



d'objets). Tout professionnel utilisant le BIM éprouve le besoin de structurer et d'harmoniser les données produites, échangées puis exploitées, afin d'être certain que tous les intervenants se comprennent sans équivoque. L'utilisation d'un système de classification répond à ce besoin. Dans un processus de travail collaboratif, il sert de référence afin d'assurer l'uniformité des dénominations utilisées pour renseigner les différentes maquettes numériques et documents. UniFormat et OmniClass sont les systèmes de classification les plus utilisés aujourd'hui.

3.1.2.2. OPENBIM

Le BIM est accompagné de nombreux référentiels, normes et standards afin d'accompagner cette pratique. En effet, la liberté induite par la possibilité de collaborer à plusieurs, définir des principes d'échanges, créer des propriétés amène inévitablement autant d'occasions de générer des non-compatibilités, des malentendus au sein des équipes, des erreurs de manipulation et des risques concernant les responsabilités des acteurs de la construction. Afin de couvrir tous ces développements l'appellation « openBIM » a été déposée par buildingSMART International et fait référence aux normes du BIM autour de 3 domaines :

- les datas,
- les échanges entre machines informatiques,
- les process métier (management de l'information)

L'openBIM permet un accès aux normes en les rendant ouvertes, et ainsi de pérenniser les datas mais aussi de faciliter la transmission des informations entre les différents intervenants. Cet aspect est particulièrement primordial dans le cadre du présent enjeu de capitalisation de la donnée puisque l'objectif est de converser au mieux la donnée en vue d'une économie circulaire qui peut être visée à très long terme. Définir une terminologie standardisée et un format de données universel, adoptés par l'ensemble de la filière à l'échelle mondiale, est le challenge de l'OpenBIM.

3.1.2.3. DICTIONNAIRE

Un objet BIM est lié à des propriétés géométriques, descriptives, de positionnement et de liaison. On vient ensuite renseigner des valeurs liées à ces propriétés, ce qui constitue les données BIM. Le dictionnaire précise la liste de données pour qu'elles soient utilisables et communes au fabricant comme au concepteur. En France, les premiers travaux de normalisation de la Commission de Normalisation Afnor Propriétés Produits pour le BIM (CN PPBIM), créée en 2012, ont porté sur la définition d'une gouvernance d'un dictionnaire normalisé avec la publication de la norme XP P 07-150 en décembre 2014, qui prévoit d'incrémenter l'identifiant de chaque propriété ou objet dès lors qu'une modification quelconque est apportée. Chaque identifiant est relié au précédent. Suite à la finalisation des projets, la CN PPBIM a proposé la rédaction au niveau européen d'un guide pour cette norme afin de poursuivre les efforts menés pour faciliter l'appropriation du projet par les acteurs européens de toutes tailles, cf. 3.2.2.

3.1.3. TRAVAUX NATIONAUX RELATIFS AUX PROPRIÉTÉS NUMÉRIQUES ASSOCIÉES DANS LE CADRE DU PTNB, PPBIM ET POBIM, PLAN BIM 2022

3.1.3.1. PLAN TRANSITION NUMÉRIQUE DANS LE BÂTIMENT (PTNB)

Le PTNB a produit une première version du dictionnaire PPBIM/POBIM (Propriétés Produits pour le BIM/ Propriétés et Objets pour le BIM) France fin 2018 comprenant 3200 propriétés permettant de décrire 300 modèles d'objets organisés autour des ouvrages associant les données réglementaires et techniques, l'ensemble étant hébergé dans un outil web d'administration (dico-po-bim). Il s'agissait essentiellement de structurer les premières propriétés des objets génériques présents dans l'environnement BIM, sachant que l'on appelle « objet générique », un groupe de propriétés dont au moins une contient une valeur. Objets et propriétés doivent à terme être compilés dans des dictionnaires normalisés



permettant d'être utilisés par tous et sans ambiguïté. Tous les ateliers (groupes de travail techniques) se sont attachés à décrire les attributs caractérisant les objets et leurs propriétés tels que définis dans leur métier, en commençant bien évidemment par les plus simples ce qui conduit à un résultat non exhaustif. Le travail devra se poursuivre. Concernant la pérennisation de la donnée (évolution des formats numériques, sauvegarde des données...) celle-ci n'a pas été abordée lors de l'expérimentation POBIM, mais on peut supposer qu'il y aura conservation et évolution des dictionnaires. Ces travaux sont poursuivis au plan international, cf. précédemment 3.1.2.3.

Le PTNB a également encouragé le projet ABV+ qui visait à prolonger et élargir la précédente expérimentation ABV à d'autres aspects du BIM. L'objectif était de préciser et détailler quatre aspects concrets de la mise en œuvre et de l'utilisation optimale du BIM :

- l'élaboration des spécifications du programme par le maître d'ouvrage,
- l'approche en coût global d'un projet,
- l'analyse du cycle de vie (ACV) et l'impact de la réglementation E+C- pour une construction,
- l'organisation des chantiers avec l'utilisation de la 4D.

Lancé le 21 septembre 2017, le projet s'est achevé le 15 mars 2018, et montre les difficultés de la prise en compte des données environnementales dans le BIM, qui plus est dans l'optique de la réalisation d'une ACV.

3.1.3.2. PLAN BIM 2022 :

UN DICTIONNAIRE NATIONAL DE PROPRIÉTÉS NUMÉRIQUES

S'inscrivant dans la continuité du PTNB, les acteurs du Plan BIM 2022 confirment l'intérêt stratégique d'un dictionnaire national comme un des facteurs clés dans l'objectif de généralisation du BIM en France. La France a toujours été précurseur sur le sujet et le dictionnaire national envisagé doit lui permettre de maintenir et renforcer sa position de manière concrète et opérationnelle. Plus globalement, le Plan BIM 2022 vise la généralisation de l'usage du BIM dans le bâtiment et à accompagner les nombreux acteurs qui n'ont pas adopté ce processus.

3.1.3.3. INTEROPÉRABILITÉ, FORMAT D'ÉCHANGE :

L'IFC (INDUSTRY FOUNDATION CLASSES)

Chaque logiciel BIM doit pouvoir être compatible avec un autre logiciel BIM, d'une part pour permettre à chaque acteur d'utiliser son propre logiciel, et d'autre part pour permettre de respecter les règles communes d'échanges et d'usages. Pour permettre aux IFC de répondre à ces enjeux, BuildingSMART est en charge de les développer au plan international. En France buildingSMART Mediaconstruct est la branche française de cette association. Le format IFC est labellisé ISO. L'IFC est par ailleurs lié à un dictionnaire. Le format IFC définit la façon dont l'information va être structurée pour pouvoir être lue et correctement interprétée par les « machines » logiciels. Cela implique d'être très précis sur la façon dont les éléments sont modélisés à la source afin qu'ils soient correctement interprétés dans le format IFC. Par ailleurs il existe d'autres formats d'échanges comme le BCF ou COBie. Le format Haystack entend homogénéiser toutes les données liées à la gestion technique du bâtiment. En le rapprochant des IFC, on obtiendrait une vision unifiée des équipements et des pièces. L'objectif : créer la continuité numérique entre les activités « building smart » et « smart building ». Ce dernier laisse l'opportunité de créer le lien entre conception d'un bâtiment, vie en œuvre et éventuellement valorisation en fin de vie. Il envisage également la possible prise en compte du monitoring pendant la vie du bâtiment qui pourrait donner de précieuses informations en fin de vie (possibilité de réemploi ou de recyclage selon l'état des éléments...).

3.1.3.4. PROCESS, MANAGEMENT

Les informations contenues dans le modèle BIM sont plus ou moins précisées selon les demandes du client, le stade du projet, la complexité du projet... Pour aider à décliner la précision attendue des niveaux de détails de l'information sont définis : LOIN.

Les normes ont décrit l'interaction du BIM dans le management de projet : les IDM (*Information delivery manual*) – définis par la norme ISO 29481-1, puis la série ISO 19650 actée en janvier 2019. « Elle traite de



la définition des exigences du client, et de la façon d'organiser le management de l'information pour y répondre. Elle permet de spécifier précisément les informations échangées entre les acteurs, à chaque étape d'un projet sur l'ensemble du cycle de vie d'un ouvrage. Plus la planification avance, plus les acteurs ont besoin d'informations détaillées : il s'agit des LOIN.

3.1.3.5. LES MÉTIERS DU BIM

Bien qu'en plein développement plusieurs spécialités du BIM commencent à se spécifier notamment en fonction du stade du projet. Ainsi lors de la conception d'un projet en BIM, le BIM Manager va piloter la démarche BIM et l'architecture de la gestion de données, et pourra s'aider de BIM Coordinateurs qui seront chargés de vérifier la bonne exécution de la méthodologie décrite par le Manager et qui en seront le relais direct auprès des BIM Modeleurs qui réalisent les maquettes numériques. En exécution le BIM Manager peut se distinguer du BIM Manager de la conception. En exécution, il se charge notamment de réaliser la synthèse des maquettes de l'équipe de maîtrise d'œuvre. Enfin pour la phase de maintenance, le Facility BIM Manager s'occupe de gérer le patrimoine et de mettre à jour la maquette numérique en cohérence avec l'évolution du bâtiment. En parallèle, les AMO BIM peuvent être sollicités sur un sujet particulier ou en phases amont selon les besoins de la MOA.

3.1.4. LES DEMANDES CLIENTS : POINT DE DÉPART DU PROCESS BIM

3.1.4.1. CAHIER DES CHARGES CLIENTS

Comme pour tout projet, le client formule un cahier des charges dans lequel il pourra fixer ses exigences et ses besoins. Le cahier des charges est l'occasion de préciser les attentes en termes d'économie circulaire ou de traçabilité des données, via la modélisation BIM. Pour le process BIM, le client émettra un cahier des charges BIM. Une convention BIM sera ensuite rédigée pour définir les réponses au cahier.

3.1.4.2. LOIN

Les LOIN (*Level of Information Need*) permettent au client de définir les besoins d'informations.

3.1.4.3. CONVENTION BIM

Un projet en BIM doit être accompagné d'une convention BIM qui décrit :

- exigences d'informations du donneur d'ordre (objectifs de qualité et de performances attendues),
- exigences d'informations de l'actif,
- exigences d'informations du projet (objectifs à respecter par les acteurs),
- exigences d'échanges d'informations (méthodes organisationnelles dans la phase opérationnelle).

3.1.5. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

3.1.5.1. CONSTRUIRE ET CAPITALISER LA DONNÉE

Au cœur de notre enjeu de cet atelier, les données environnementales accompagnant la construction se multiplient. Le BIM est un support pour générer et capitaliser cette donnée. C'est l'occasion d'encourager et d'inciter l'ensemble des acteurs à se positionner sur les enjeux de développement durable et en particulier d'économie circulaire et d'utiliser la 6D du BIM pour définir une exigence d'information.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

3.1.5.2. ADAPTER LE BIM AUX TRAVAUX DE RÉNOVATION ET DE DÉCONSTRUCTION

Un des moyens d'action efficaces pour répondre à l'enjeu énergétique dans le bâtiment est de réaliser les travaux d'isolation du parc immobilier existant. L'allongement de la durée de vie de l'existant est également à encourager. La construction de bâtiments neufs est mineure face à l'ensemble du parc immobilier français existant. Dans ce cadre le BIM doit être le support à une modélisation massive de l'existant :

- référentiel géoréférencé,
- scans ou drones
- nuages de points ou photogrammétrie.

Ce relevé de l'existant pourra être traité et importé dans différents logiciels métier pour servir à la rénovation virtuelle de l'ouvrage avant exécution. Il pourra également faire l'objet d'un diagnostic ressource en vue de maximiser les matériaux à réemployer.

3.2. Classifications internationales de données, travaux de normalisation

Les classifications des données existent depuis plusieurs années. Elles organisent et regroupent les données des bâtiments pour créer une structure organisée en catégories. Il y a plusieurs systèmes de classification qui ont été développés par des organismes différents et dans différents pays. Ces spécifications ont évolué dans le temps : de simples annotations à côté des dessins à d'énormes bases de données dans les projets en BIM. Ces classifications sont devenues indispensables avec l'arrivée du BIM où la quantité des données à stocker est immense.

Des informations complémentaires concernant les commissions de normalisation et leurs travaux sont disponibles en Annexes, 7.2.

3.2.1. L'INTEROPÉRABILITÉ ENTRE LES SOLUTIONS LOGICIELLES ET LA QUALITÉ DES DONNÉES

Les problèmes liés aux pertes de données lors des échanges d'information est l'un des principaux freins rencontrés par les utilisateurs dans le déploiement du BIM. En défendant l'interopérabilité entre les différents outils à travers l'utilisation d'un format commun et non propriétaire, la CN PPBIM (Commission de Normalisation Propriétés Produits pour le BIM) en France, souhaite encourager le développement d'un BIM collaboratif, ouvert à tous et pérenne. Par ailleurs l'interopérabilité génère également une diminution des coûts de développement et de maintien d'une maquette numérique, gains qui bénéficieront à l'appropriation du BIM par tous. Un des autres enjeux techniques du déploiement du BIM est la qualité des données.

Au niveau européen, c'est le CEN/TC 442 qui prend en charge le travail de normalisation concernant toutes les informations dans l'environnement de construction et au niveau international c'est l'ISO/TC 59.

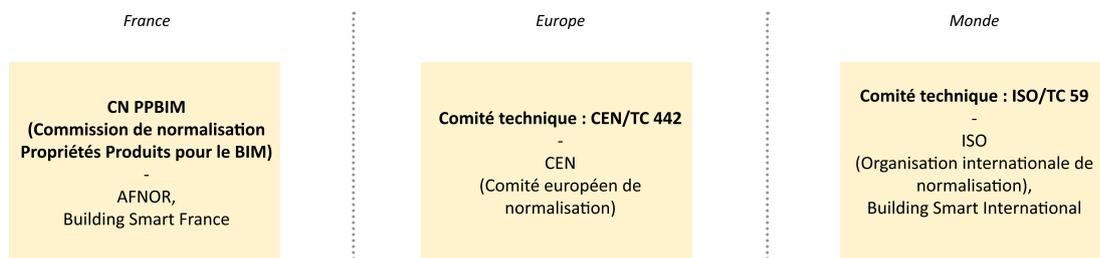


Figure 7 : Travaux de normalisation internationaux pour la donnée dans la construction, (© I. Bertin, setec).

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

3.2.2. EN FRANCE, LA COMMISSION DE NORMALISATION PROPRIÉTÉS PRODUITS POUR LE BIM (CN PPBIM)

Le besoin d'un langage commun de qualité et de données-produits fiables a été identifié et porté à l'attention d'AFNOR par les fabricants de produits de construction. Ainsi, l'arrivée de la maquette numérique du bâtiment apparaissait comme une opportunité à saisir pour harmoniser les descriptions des propriétés des produits et systèmes constructifs. C'est dans cette dynamique que la commission de normalisation Propriétés Produits pour le BIM (CN PPBIM) « Méthodologie de définition et de gestion des caractéristiques descriptives des produits de construction pour la maquette numérique bâtiment (BIM) et autres applications numériques » (AFNOR/PPBIM) a vu le jour en octobre 2012. Cette commission a travaillé à l'établissement de règles partagées pour la description précise des propriétés des produits de construction. En décembre 2014 ces travaux ont abouti à la publication d'une norme française expérimentale, XP P 07-150, sur la structuration et la gestion, des propriétés. Ces travaux normatifs sont maintenant portés au niveau international, depuis 2018, au travers du projet normatif pr EN ISO 23386 « Modélisation des informations de la construction et autres processus numériques utilisés en construction - Méthodologie de description, de création et de gestion des propriétés dans les dictionnaires interconnectés » piloté par la France. Cette volonté d'adaptation internationale est activée dans le programme du CEN/TC 442 WG4 pour devenir une NWIP (*New Work ITEM Proposal*), cf. 3.2.3 pour les travaux de normalisation européens.

En travaillant sur la traçabilité des informations et en défendant une approche patrimoniale, les acteurs de la CN PPBIM souhaitent voir se déployer un BIM durable et efficace, aussi bien techniquement qu'économiquement.

3.2.3. L'ORGANISATION DES TRAVAUX DE NORMALISATION AU NIVEAU EUROPÉEN

L'Union Européenne a développé un programme pour développer et définir des standards pour le BIM dans tous les pays européens. Ainsi le CEN/TC 442 est en charge du travail de normalisation des informations dans l'environnement de construction et se décompose en plusieurs groupes de travail, illustrés en Figure 8, dont les détails de fonctionnement sont exposés en Annexes, 7.2.3.

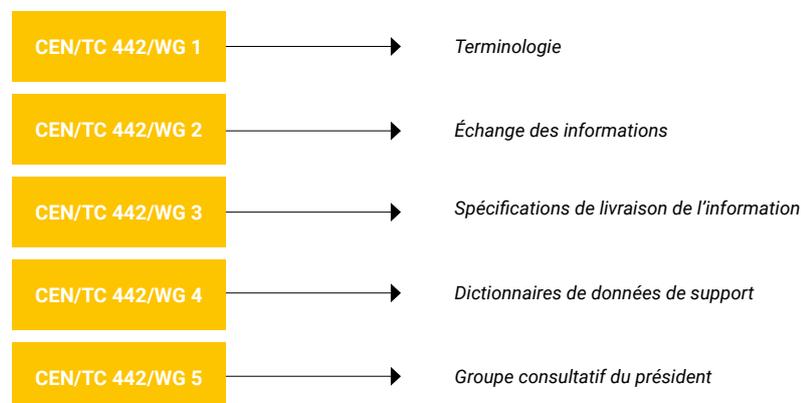


Figure 8 : Groupes de travail européens de normalisation de la donnée dans la construction, (© I. Bertin, setec).

En octobre 2016, les trois normes d'openBIM buildingSMART International proposées par le CEN / TC 442: IFD (ISO 12006-3: 2007), IFC (ISO 16739: 2013) et IDM (ISO 29481-2: 2012) ont été officiellement adoptées en tant que normes EN. Le CEN/TC 442 aura été marqué par la création en son sein de deux nouveaux groupes de travail : l'un relatif au rôle horizontal que pourrait avoir le CEN/TC 442 (WG 7), l'autre relatif aux besoins propres aux infrastructures (WG 6).

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Le CEN/TC WG 2 TG1 travaille depuis 2016 au développement d'un projet relatif à la détermination du niveau d'information requis pour les projets et échanges d'information.

Le CEN/TC 442 WG 3 a démarré en 2018 le développement d'un guide européen d'application des normes EN ISO 19650-1 et -2 (méthodologie de gestion de l'information). La France et la Suisse sont à l'origine et en charge de la rédaction du projet de guide. Ce document vise à faciliter l'implémentation en Europe des normes EN ISO 19650-1/2 sur tous types de projets européens et par tous types d'acteurs, notamment les TPE/PME.

Le WG4 a démarré le développement de deux projets relatifs à la structuration des *product data templates*, l'un dans le cas général, l'autre sous les exigences liées au RPC (Règlement produits de Construction). Enfin, le WG 4 a également inscrit dans son programme de travail un projet préliminaire relatif à la modélisation des ontologies sémantiques.

3.2.4. L'ORGANISATION DES TRAVAUX DE NORMALISATION AU NIVEAU INTERNATIONAL, L'ISO/TC 59/SC 13

L'ISO/TC 59/SC 13 WG 13 est le groupe de travail qui a développé les normes NF EN ISO 19650 partie 1 et partie 2 relatives à la gestion de l'information sur un projet BIM. Ces deux projets sont issus directement de référentiels britanniques. Les experts français se sont investis activement dans ce groupe de travail afin de rendre les projets les plus applicables possible aux projets français et aux TPE/PME.

L'ISO/TC 59/SC 13 WG 13 développe également deux autres projets issus de référentiels britanniques relatifs au management de l'information sur un projet BIM : l'un pour la gestion des actifs et l'autre pour la gestion de la sécurité des informations. Les détails concernant l'implication de chaque pays sont donnés en Annexes, 7.2.4.

3.2.5. LIEN AVEC LE RÈGLEMENT SUR LES PRODUITS DE CONSTRUCTION

Le Règlement Produits de construction, (*Construction Products Regulation*, CPR) établi en 2011, encadre les conditions de commercialisation et la libre circulation des produits de construction sur le marché unique de l'Union Européenne. On retrouve donc dans ce CPR : les règles harmonisées pour la commercialisation et le langage technique pour évaluer la performance des produits de construction. Ce règlement garantit la fiabilité des informations afin que les autorités publiques, les professionnels et les consommateurs puissent comparer les différentes performances des produits.

Ainsi, chaque fabricant est tenu de respecter ce règlement pour les produits de construction couverts par une Norme Européenne harmonisée (hEN) ou une Evaluation Technique Européenne (ETA). Pour pouvoir apposer la marque CE sur leurs produits, ils doivent réaliser une déclaration de performance. Pour cela, le fabricant doit respecter les méthodes d'évaluation et d'essai décrites dans la norme harmonisée. Ce protocole induit une normalisation des caractéristiques des produits de construction et des méthodes d'essai à travers les déclarations. Le CPR crée, de fait, un langage technique commun basé sur un ensemble de règles déjà harmonisées, qui plus est, qui permet un transfert fiable des informations au niveau européen voire international. Ce langage technique est donc commun et peut être repris pour le BIM comme base fiable d'échanges numériques collaboratifs.

Il est primordial de générer des structures de données communes qui peuvent transférer des données vers n'importe quel système internationalement.



3.2.6. LES PRINCIPALES CLASSIFICATIONS, RÉFÉRENCES UTILISÉES POUR LE BÂTIMENT

Les systèmes de classifications sont très variés. Par exemple Uniformat est très orienté vers les éléments physiques des bâtiments (murs, portes, équipements etc.). Cependant, Omniclass possède aussi des catégories moins physiques comme l'organisation des rôles, les fonctions des espaces etc. Aujourd'hui, les plus utilisés sont Uniformat, Uniclass et Omniclass. Ces classifications sont en lien avec les normes ISO, les classifications Uniformat, Uniclass et Omniclass essayent de respecter la structuration de données établie par la ISO 12006-2. Des comparaisons entre ces systèmes et un exemple de classification Uniformat sont donnés en Annexes, 7.2.5.

3.3. Précédents travaux de recherche autour de la donnée pour une économie circulaire dans le bâtiment

3.3.1. BAMB

BAMB est un projet de recherche européen s'étalant de septembre 2015 à Février 2019, principalement dans les pays de la Belgique, des Pays-Bas et de la Bosnie-Herzégovine.

3.3.1.1. R&D, OBJECTIFS ET DÉMARCHE

Les objectifs du projet BAMB (*Buildings as Material Banks*) sont : la prévention des déchets produits lors de la phase de construction et de démolition des bâtiments, la réduction de la consommation des ressources primaires et la favorisation d'une approche d'économie circulaire. Comme c'est souvent le cas avec l'utilisation linéaire courante des ressources, le recyclage n'est pas opérationnel à des niveaux élevés et la quantité de matière réutilisée est minime. Le projet BAMB cherche donc à développer une approche circulaire de l'utilisation du bâtiment, des systèmes, des produits et des matériaux. Le projet de recherche a été décomposé en plusieurs groupes de travail (*work package*, WP) sur des thématiques spécifiques :

- Etat de l'art
- Passeport matériaux
- Bâtiment réversible et potentiel de réemploi
- Démonstrateur prototype
- Application, analyse de la circularité

L'état de l'art et le passeport matériaux sont synthétisés ci-après et les autres groupes de travail sont décrits en Annexes, 7.3.1.

3.3.1.2. ETAT DE L'ART

Le groupe de travail 1 a élaboré l'ambition du projet BAMB et la faisabilité de sa généralisation. Un état de l'art a été produit aboutissant aux opportunités pour un passeport matériau et un bâtiment réversible. Un travail sur les termes à utiliser par la chaîne d'acteurs a permis de formaliser les objectifs communs du projet.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Résultats du groupe de travail 1 :

LIVRABLE	STATUT
Synthèse de l'état de l'art et des principaux obstacles et opportunités pour les passeports matériaux et la conception de bâtiments réversibles dans le système actuel	En ligne https://www.bamb2020.eu/topics/state-of-the-art/
Visualisation du plan des configurations de système souhaitées	En ligne https://www.bamb2020.eu/topics/blueprint/vision/
Visualisation en ligne des retours d'expériences et des meilleures pratiques + Synthèse ajustée de l'état de l'art et des principaux obstacles et opportunités + Plan directeur ajusté	

3.3.1.3. PASSEPORTS MATÉRIAUX

Le groupe de travail 2 s'est concentré sur la création et la mise en œuvre de passeports électroniques pour les matériaux afin de permettre la conception de produits circulaires, la récupération de matériaux et les partenariats de chaînes de propriétés, améliorant ainsi la qualité, la valeur et la sécurité d'approvisionnements des matériaux.

La récupération et la réutilisation efficaces des composants, produits ou matériaux dans les bâtiments nécessitent que les informations correctes soient facilement accessibles. Les passeports matériaux développés dans BAMB sont des ensembles de données numériques dynamiques décrivant les caractéristiques définies des matériaux dans les produits, qui leur confèrent une valeur de récupération et de réutilisation, telles que leurs caractéristiques de conception (conçues pour la réutilisation, le démontage, la remise à neuf, ...), les aspects sanitaires, les conseils d'utilisation et d'entretien, la connexion des produits individuels assemblés dans les bâtiments, etc. Les caractéristiques des produits individuels peuvent être téléchargées et mises à jour par différentes parties prenantes (fabricant, entrepreneur, démolisseur, ...) permettant la traçabilité du produit sur son ou ses cycles de vie (prolongés).

Les KER (*key exploitable results*) favorisaient initialement le développement d'une plateforme où les passeports seraient stockés pour être utilisés par d'autres solutions du projet BAMB, ou pour être mis à disposition pour d'autres applications externes à BAMB. Suite aux premières applications du concept, les perspectives des KER ont été changées pour développer un format de données plus ouvert pour les passeports matériaux les plus recherchés. L'enjeu était de pouvoir être utilisé comme modèle pour l'industrie de la construction. Le KER est décrit comme un format standard ouvert pour partager des informations de manière structurée sur les aspects circulaires des produits de construction, y compris une description claire des données prises en charge par le format. Il comprend des informations sur la réutilisabilité et les aspects sanitaires. Le principal objectif est de favoriser une collaboration efficace entre tous les acteurs de l'industrie, où aujourd'hui seul un aperçu des éléments de données requis est possible, provenant de différentes sources de données dans l'industrie de la construction.

Résultats du groupe de travail 2 :

LIVRABLE	STATUT
Cadre pour le développement des passeports pour matériaux	Rapport disponible en ligne https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2018/01/Framework-for-Materials-Passports-for-the-webb.pdf
Plateforme pour les passeports	Online https://passports.bamb2020.eu/#!/login
Rapports de recherche sur les passeports matériaux	Online https://www.bamb2020.eu/topics/materials-passports/

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

3.3.2. HQE-GBC, HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE - GREEN BUILDING COUNCIL, BASE INIES

L'alliance HQE-GBC est le membre français du *World Green Building Council* (World GBC), association mondiale regroupant des professionnels engagés dans la construction durable dans plus de 74 pays. L'alliance HQE-GBC développe des démarches volontaires pour aménager, construire, rénover, exploiter ou utiliser des bâtiments, des infrastructures ou des territoires durables. HQE concerne tous les acteurs du bâtiment, de l'immobilier, de l'aménagement et des infrastructures qui souhaitent entrer dans une démarche de progrès en faveur de la qualité de vie, du respect de l'environnement et de la performance économique. Trois principales certifications HQE sont proposées avec leurs référentiels respectifs :

- NF HQE™ pour les bâtiments (maisons, logements collectifs, tertiaire,) neufs ou rénovés
- HQE™ Aménagement pour les opérations d'aménagement
- HQE™ Infrastructures pour projets routiers, ferroviaires, maritimes, etc.

L'alliance HQE-GBC propose également un cadre de définition de l'économie circulaire dans le bâtiment permettant d'avoir une définition commune pour tout le domaine de la construction : tant pour les fabricants de produits que pour les concepteurs de bâtiments et aménageurs. A ce titre, elle a lancé un test HQE Performance Economie circulaire afin d'identifier des indicateurs de circularité du bâtiment.

3.3.2.1. LES DONNÉES ENVIRONNEMENTALES

En France, INIES est la base de référence des déclarations environnementales et sanitaires des produits, équipements et services pour l'évaluation de la performance des ouvrages.

Données clés pour l'expérimentation E+C- et la RE2020, les FDES et PEP sont mises à disposition par les fabricants et vérifiées par tierce partie indépendante. Elles permettent de connaître les impacts environnementaux d'un produit tout au long de son cycle de vie. L'Alliance HQE-GBC en est propriétaire et gestionnaire et contribue à l'élaboration de la base INIES et à la génération de la donnée à caractère environnemental. A cette fin elle s'appuie notamment sur le contexte normatif dont les indicateurs environnementaux de la norme EN15804+A1 et EN15804/CN résumés dans la Figure 9 :

IMPACT ENVIRONNEMENTAUX	CONSOMMATION DES RESSOURCES	CATÉGORIE DE DÉCHETS
Réchauffement climatique (GWP)	Utilisation d'énergie renouvelable hors énergie utilisée comme matières premières (PERE)	Déchets dangereux en décharge (HWD)
Appauvrissement de la couche d'ozone (ODP)	Utilisation d'énergie renouvelable utilisée comme matières premières (PERM)	Déchets non dangereux en décharge (NHWD)
Acidification des sols et de l'eau (AP)	Total des énergies renouvelables (PERT)	Déchets radioactifs en décharge (RWD)
Eutrophisation (EP)	Utilisation d'énergie fossile hors ressources énergétiques utilisées comme matières premières (PENRE)	FLUX SORTANTS
Formation d'ozone photochimique (POPC)	Ressources énergétiques fossiles utilisées comme matière première (PENRM)	Composant destinés à la réutilisation (CRU)
Épuisement des ressources abiotiques (ADP-elements)	Total des énergies fossiles (PENRT)	Matériaux destinés au recyclage (MFR)
Épuisement des ressources fossiles (ADP-fossil fuels)	Utilisation de ressources secondaires (SM)	Matériaux destinés à la récupération d'énergie (MER)
Pollutions de l'air	Utilisation d'énergie renouvelable secondaire (RSF)	Énergie électrique fournie à l'extérieur
Pollution de l'eau	Utilisation d'énergies fossiles secondaires (NRSF)	Énergie Vapeur fournie à l'extérieur
	Prélèvement d'eau douce (FW)	Énergie gaz et process fournie à l'extérieur
	Légende	
	Présents uniquement dans la norme EN15804/CN	
	Indicateurs utilisables dans l'économie circulaire	



Figure 9 : Indicateurs environnementaux pour établir les FDES selon la norme NF 15 804 +A1, (© Alliance HQE-GBC)

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Ainsi HQE a identifié les données primordiales, détaillées dans la Figure 10, pour assurer une économie circulaire de façon générique. Toutes ces données ont un champ numérisé dans la Base INIES et peuvent être utilisées via le webservice INIES. Ces données regroupent les informations exigées dans une ACV, et les FDES/PEP. L'enjeu est donc de capitaliser et d'accéder à ces données à toutes les phases d'un projet et de conserver un support renvoyant vers ces données depuis un bâtiment ou un élément de construction particulier. C'est ce lien permettant, depuis le bâtiment construit ou l'élément de construction, d'accéder aux données hébergées sur la base INIES qui est ici primordial, afin de retrouver la trace de ces données à long terme.

Donnée issue de l'équipe projet / l'ACV bâtiment
Donnée issue des scénario ou descriptif FDES / PEP
Donnée issue des résultats FDES / PEP
Lot - Sous-ensemble
Réf FDES (Id)
Référence commerciale / Intitulé du produit
DVR
Quantité mise en œuvre
Unité
kg / Unité Fonctionnelle (sans emballage)
kg / Unité Fonctionnelle (avec emballage, ou emballage seul)
Matières secondaires A1 – A3
% chutes d'installation
Matériaux destinés au recyclage A5
Matériaux destinés à la récupération d'énergie A5
Distance A4
Distance d'élimination C2
Distance de recyclage C2
Distance de valorisation énergétique C2
Composants destinés à la réutilisation C4
Matériaux destinés au recyclage C4
Matériaux destinés à la récupération d'énergie C4

Toutes ces données ont un champ numérisé dans la Base INIES et peuvent être utilisées via le webservice INIES

Figure 10 : Données à renseigner pour assurer une économie circulaire et accessibles via le webservice INIES, (© Alliance HQE-GBC).

3.3.2.2. PROTOCOLE DE CONNEXION

AU WEB SERVICE INIES VERSION 4

Le web service INIES permet de collecter les données relatives aux FDES/PEP publiques de la base INIES ainsi que les données environnementales conventionnelles et par défaut. Ce web service a été conçu afin de permettre aux outils du bâtiment de constituer leur propre base, puis de la mettre à jour régulièrement (une fois par semaine). Une utilisation directe de ce web service par un outil de production n'est pas judicieuse selon les concepteurs.

Le web service Inies est accessible via l'adresse suivante : <http://www.base-inies.fr/IniesV4/Services/IniesWebService.asmx>. Le fichier WSDL de description du service est disponible à l'adresse suivante : <http://www.base-inies.fr/IniesV4/Services/IniesWebService.asmx?wsdl>. L'utilisation de web service nécessite d'être muni d'un identifiant et d'un mot de passe spécifique.

Les données hébergées sur la base INIES sont détaillées en Annexes 7.3.2.1, avec leur nomenclature. Il est nécessaire de connaître l'exhaustivité de ces données avant de proposer de les compléter dans le but d'améliorer la capitalisation de données nécessaires à l'économie circulaire dans le bâtiment.

3.3.3. BAZED

Le projet BAZED n'a pas particulièrement abordé la question de la capitalisation de la donnée mais à travers ses recommandations pour concevoir des bâtiments zéro déchet, les résultats de ces recherches peuvent être extrapolés pour en lister les données à générer, tracer, transmettre, conserver.



3.3.3.1. PRINCIPE DE LA DÉMARCHE BAZED

La démarche BAZED constitue la première initiative française d'aide globale à la conception de bâtiments pour réduire leur production de déchets à toutes les étapes de leur cycle de vie. BAZED est un projet lauréat de l'appel à projet de R&D « Déchets du BTP » 2012 de l'ADEME.

Les recherches, qui ont duré trois ans, ont été menées en collaboration par les partenaires suivants :

- Le Centre Technologique NOBATEK (coordinateur)
- L'association ARMINES
- L'Agence d'architecture XB ARCHITECTES.

Les pratiques de conception pour la réduction des déchets visent également des effets sur la diminution de l'impact environnemental des bâtiments à plusieurs titres :

- Éviter les impacts environnementaux du traitement des déchets non produits en phase construction et entretien.
- Éviter les impacts environnementaux liés au transport des déchets non produits.
- Réduire les impacts environnementaux liés aux matériaux utilisés (utilisation de matériaux réutilisés ou recyclés)
- En réhabilitation, favoriser la conservation de l'existant et donc éviter les impacts liés au recours à des nouvelles matières et au traitement/transport des déchets.

Les préconisations du projet BAZED encouragent la mise en place d'une traçabilité des caractéristiques d'un bâtiment et des éléments qui le composent. La nécessité d'évaluation des performances résiduelles pour une rénovation, un réemploi, recommandés par le projet BAZED, doit être accompagnée d'une capitalisation de la donnée qui reste à développer.

La conservation des éléments du bâtiment suit une logique décisionnelle autour d'un ensemble de critères permettant ou non leur conservation. Ces facteurs concernent principalement la valeur historique du bâtiment, la propriété intellectuelle, l'état des éléments du bâtiment, l'accessibilité du bâtiment, son type, sa réversibilité, les coûts et impacts environnementaux.

3.3.3.2. ÉTUDIER

En amont, il faut considérer la valeur patrimoniale du bâtiment, la faisabilité technique, l'intérêt économique et environnemental et les économies possibles par la conservation (financières et environnementales). Dans le cas de la rénovation d'un bâtiment classé ou protégé pour son intérêt patrimonial, le projet est soumis à un ensemble de contraintes plus ou moins importantes orientant clairement les choix constructifs. L'aspect extérieur du bâtiment doit le plus souvent être préservé inchangé. Une phase de vérifications de l'état des éléments à conserver peut être réalisée grâce à un diagnostic incluant :

- Observation détaillée, identification : états de surface, déformations d'ossature, mouvements de structure, dégâts liés à l'humidité, ...
- Selon le type de la structure et si nécessaire (limiter au maximum les échantillonnages destructifs), des prises d'échantillons sont réalisées pour faire des tests au laboratoire : Ferroskan®, carbonatation pour le béton, ...
- Détermination des compositions de chaque matériau et leurs caractéristiques intrinsèques
- Prises de décision sur les éléments à renforcer et ceux à démolir

3.3.3.3. ANTICIPER, RECENSER, IMAGINER

Le diagnostic ressource doit être poursuivi pour :

- Réaliser un recensement des éléments du bâtiment le plus en amont possible et rechercher pour chacun les possibilités de réemploi (transformation d'usage ou non) sur *in-situ* ou *ex-situ* s'ils ne peuvent pas être conservés en place.
- Pouvoir facilement restaurer les éléments endommagés : s'assurer que les éléments à conserver peuvent être restaurés (si nécessaire), et de la disponibilité de matériaux aux propriétés identiques.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

3.3.3.4. (S')ADAPTER

Il est préconisé d'adapter les matériaux neufs à l'ancien : choisir les éléments d'isolation, d'étanchéité et de revêtement en fonction de la nature des éléments de l'enveloppe d'origine pour ne pas qu'ils se dégradent (ex. ne pas provoquer le blocage des transferts hygrométriques dans une paroi existante poreuse, le matériau en place risquerait de se dégrader rapidement). Adapter la structure porteuse engendre les conséquences suivantes :

- Dans le cas d'une extension en hauteur, une étude de la structure porteuse existante et des fondations est indispensable : prévoir des renforcements si nécessaires ou si possible prévoir une structure indépendante extérieure.
- Dans le cas de nouveaux bâtiments s'insérant dans un bâtiment existant les structures porteuses respectives des deux parties de bâtiment doivent être indépendantes.
- Une nécessité de s'adapter au bâtiment en termes d'usage
- Une nécessité d'optimiser l'usage du bâtiment rénové en fonction des ouvertures existantes afin d'éviter au maximum l'ouverture de nouvelles fenêtres ou l'agrandissement des fenêtres existantes.
- Une nécessité d'adapter au maximum la distribution des pièces et l'usage en fonction des éléments séparatifs porteurs existants afin de limiter leur démolition.

3.3.3.5. ACTUALISER

Il faut pouvoir répondre aux normes et réglementations actuelles : accessibilité, sécurité incendie, parasismique, réglementation thermique... Par exemple, des extensions aux bâtiments peuvent être créées pour être accessibles aux personnes à mobilité réduite. Le changement d'usage est aussi souvent accompagné d'un changement de cadre réglementaire.

3.3.4. CIRCOLAB

Circolab est une association qui vise à créer une communauté d'acteurs de l'immobilier engagée en faveur de l'économie circulaire et notamment du réemploi. Elle est composée essentiellement de maîtres d'ouvrages publics et privés mais aussi de fabricants de produits du bâtiment, bureaux de contrôles, constructeurs, architectes, bureaux d'études... Ses 11 membres fondateurs sont : AEW, Allianz real estate, COVEA, Générali RE, Groupama Immobilier, Bureau Véritas, Deloitte, Plaine Commune, Karine Jévelo Architecte, Cabinet TAJ, VINCI Construction et parmi ses 30 membres, on peut compter la Métropole du Grand Paris, la Région Ile de France, AXA Real Estate, Nexity, La Compagnie de Phalsbourg, La Croix Rouge Insertion... Elle travaille depuis octobre 2016 à lever les différents obstacles du réemploi en France, qu'il s'agisse d'obstacles juridiques, fiscaux, techniques, assurantiels, organisationnels ou autres. Parmi les actions de Circolab, on peut relever :

- La rédaction d'une charte d'engagement en faveur de l'économie circulaire dans le bâtiment
- La rédaction d'un cahier des charges pour un diagnostic du réemploi
- La production d'une note juridique sur des propositions juridiques pour sécuriser le réemploi
- La production d'une note fiscale analysant l'état des lieux comprenant des propositions pour faciliter le réemploi

Circolab a pour but d'entraîner tout l'écosystème de manière coordonnée dans le réemploi. Elle prévoit également de faire des opérations tests en Ile de France, afin d'expérimenter les différents outils développés, et de travailler avec les fabricants de produits du bâtiment, afin de développer l'éco-conception.

Circolab a vocation à être un lieu de rencontres et de dialogues entre les acteurs de la filière du bâtiment et un lieu de partage des meilleures pratiques.

Circolab est une des rares entités à regrouper des représentants de l'ensemble de la chaîne d'acteurs de la construction, en particulier les exploitants. Or, les données à capitaliser relatives à la phase d'exploitation maintenance sont précieuses. Les retours d'expérience montrent également qu'il est primordial d'assurer la transmission de la donnée entre la livraison d'un bâtiment et le début de l'exploitation puisque c'est à ce moment que la plupart des données sont perdues puis deviennent préjudiciables en fin de vie.



Un GT Exploitation est en place au sein de Circolab pour aborder, entre autres, la capitalisation de la donnée en phase exploitation. Les objectifs de ce GT Exploitation sont :

- Réunir les professionnels de l'exploitation et de la maintenance autour des thèmes du réemploi,
- Recueillir et promouvoir les bonnes pratiques qui favorisent la durabilité, la réparabilité, le réemploi des équipements du bâtiment,
- Réfléchir autour de la constitution d'une base de données partagée de durée de vie des matériaux et équipements.

Ce GT a notamment relevé les besoins suivants :

- Partage de la donnée sur la durabilité du produit installé entre le MOA et l'exploitant : fiche produit fabricant, date de mise en service, durée prévisionnelle du produit, capacité à obtenir ou à stocker les pièces de rechanges, évaluation à un instant t de la performance du produit par rapport à l'initial.
- Pour les matériels avec mise en jeu énergétique : accès pour le MOA à une méthode commune ou à un outil partagé qui puisse comparer à tout moment les gains/pertes carbone de la prolongation de vie d'un produit ou de son remplacement par un autre produit, énergétiquement plus performant.
- Réalisation de la maintenance sur chaque produit. Il est intéressant de pouvoir retrouver l'historique et la conformité des opérations de maintenance sous forme carnet ou data virtuelle. Pour chaque produit et chaque année des propositions de maintenance ou d'amélioration peuvent être faites par le mainteneur afin d'améliorer sa durée de vie.
- Mise à disposition par le fabricant sur chaque produit, de la FDES, des données sur la composition du produit, des scénarios de fin de vie anticipés, des recommandations de filière de recyclabilité, des recommandations de dépose.
- Accès à une bourse d'échange du BTP, la plus largement partagée, pour des produits à réemployer (exemple Backacia, cycle up, ...)
- Accès à une bourse d'échange la plus largement partagée pour des pièces de rechange neuves ou usagées à réutiliser. Ces pièces de rechanges pourront être vendues soit par les fabricants ou leurs délégués, soit par des constructeurs alternatifs, soit par d'anciens utilisateurs revendant une pièce détachée utilisée en état de marche.
- Les sujets de garanties de produits ou de pièces doivent être abordés et sont déjà d'ores et déjà facilités lorsque le tiers de confiance existe :
 - Pour prise en charge par le MOA lorsque le produit est réemployé d'un site à un autre de ses sites
 - Pour une prise en charge par le mainteneur lorsqu'il a réalisé la maintenance du produit avant réemploi
 - Pour une prise en charge par le constructeur lorsqu'il réalise un rétrofit
- Accès à une base de données partagée « Produits », *a minima* nationale permettant de mesurer les durées de vie réelles constatées et l'ensemble des bonnes pratiques ayant permis d'allonger la durée de vie, son réemploi, sa recyclabilité.

Tous ces besoins nécessitent des approfondissements et le développement d'outils appropriés. Les points relevant du besoin de la capitalisation de la donnée seront traités en partie 5.

3.3.5. PROJET BOOSTCONSTRUCTION

BoostConstruction poursuit la mise en œuvre d'un travail initié par l'AIMCC (Association des Industries de Produits de Construction) en 2012 à l'AFNOR (commission PPBIM) suite à un certain nombre de travaux réalisés depuis 2000 sur la data (commerce logistique avec GSI, calculs réglementaires sur la thermique avec EDIBATEC, acoustique avec ACOUBASE/CSTB, environnement avec INIES, approche généraliste avec eXpert-TICPME 2010/Médiaconstruct, ...). Ce travail a été porté au CEN puis à l'ISO via les accords de Vienne et est publié en tant que norme EN ISO 23386, cf. 3.2.3 pour les travaux de normalisation européens. Cette norme définit une méthode d'unification de la sémantique pour des usages numériques *machine to machine* mais lisible et compréhensible pas les acteurs métiers.

Initié en 2018, BoostConstruction propose d'offrir deux plateformes, à la fois pour les producteurs de databases comme EDIBATEC, INIES, les données certifiées (ex. ACERMI, UPEC, ...), les producteurs de données réglementaires ou normées, et à la fois pour les projets, afin de partager



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

une même sémantique et des valeurs associées permettant de requêter les databases et d'historiser l'évolution de l'information :

- Une plateforme numérique permettant de réaliser une unification de la sémantique conforme à la norme, donc de permettre aux différents mainteneurs de sémantique de se mettre en réseau pour s'harmoniser tout en restant propriétaire de leurs contenus.
- Une plateforme technique permettant de développer des usages de cette sémantique.

Ce projet est inscrit comme axe numérique du CSF IPC (Contrat Stratégique de Filière Industrie Pour la Construction) où participent SYNTEC, EGF-BTP, FNTP, AIMCC, ..., et labellisé au Comex du CNI (Conseil National de l'Industrie) du 28/05/2018. Il s'inscrit également dans un PIA (Programme d'Investissements d'Avenir) « Mutualisation de moyens au service des filières et plateformes numériques de filières » pour un financement partiel par la BPI (Banque Publique d'Investissement). Il est actuellement supporté financièrement par un groupement ouvert de grands acteurs de la filière (CDC, Afnor, Bouygues construction, Egis, Cerqual, Cerib, Icade, Legrand, Saint-Gobain, Schneider Electric). Il intègre un comité dictionnaire (pour l'organisation entre mainteneurs de sémantique), un comité métier (pour organiser la définition des besoins avec les organisations professionnelles et acteurs privés) et un comité éditeurs-technoproviders (pour organiser l'exploitation de la sémantique dans les outils informatiques).

Ce projet fait suite aux projets expérimentaux PPBIM et POBIM, cf.3.1.3.1, et pourrait donc techniquement accueillir et pérenniser le dictionnaire France et le mettre en réseau avec les autres dictionnaires, ceux de « haut » niveaux (normes NF, CEN, ISO, ou IFC, MINnD, GSI, ...), ceux d'autres pays, ceux de filières ou classifications (Omniclass, Uniclass, Eclass, ...). Conformément à la norme, peuvent être définis, dans ce dictionnaire sous forme de groupes de propriétés, des environnements métiers (structure, thermique, acoustique, environnement, architecture, économie...), des phases (ex. celles de la loi MOP), des contextes documentaires, des entités produits, systèmes ou ouvrages. Ce dictionnaire apporte la souplesse pour que chaque acteur ou responsable projet puisse personnaliser ses propres contextes LOIN souhaités, dans ses pratiques BIM.

SYNTHÈSE

Ce riche état de l'art reflète l'intérêt naissant de tout le secteur de la construction pour la donnée et son potentiel pour l'économie circulaire à travers plusieurs actions :

- **Différents travaux de recherches, notamment européens, financés par des institutions ou des groupements professionnels font le lien entre l'économie circulaire et l'importance de la capitalisation de la donnée, mais restent, pour la plupart, expérimentaux et n'ont pas abouti à un jeu de données normalisé ;**
- **Le développement d'un processus BIM constitue un outil précieux pour la mise en place de la traçabilité, même si celui-ci n'est pas encore adopté par l'ensemble de la filière, et si d'autres solutions (comme l'affichage déporté) peuvent également permettre une capitalisation et un transfert de la donnée ;**
- **La normalisation de l'environnement BIM, complexe, n'est pas finalisée et peut limiter la fluidité de l'articulation avec le processus BIM ;**
- **Des travaux de convergence doivent donc être menés à la fois sur l'identification du jeu de données permettant d'assurer une valorisation optimale en fin de cycle ainsi que sur la stabilisation de l'environnement BIM en lien avec l'économie circulaire ;**

Ce travail, en grande partie théorique, nécessite de nouveaux développements pour répondre aux nombreux besoins identifiés par les professionnels, et surtout un accompagnement pour pouvoir être appliqué concrètement aux projets de construction en vue d'une économie circulaire.

PARTIE 2



FONDATION
BÂTIMENT
ÉNERGIE

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Illustrations et recommanda- tions



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

4.

Enquête sur les pratiques actuelles de transmission, Cas test poutrelle

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Suite à l'état de l'art réalisé, il apparaît indispensable d'analyser l'état des pratiques actuelles sur les projets et les chantiers afin d'évaluer le niveau de capitalisation de la donnée aujourd'hui. En effet, nous avons constaté précédemment que la chaîne des données est à parfaire pour assurer un support continu et pérenne à la donnée mais il s'agit également de vérifier si les données identifiées comme utiles à l'économie circulaire peuvent effectivement être générées et transmises entre les acteurs tout au long de la chaîne de construction et déconstruction. Ainsi un cas test concernant une poutrelle métallique a été développé pour retracer toute la vie de cet élément de construction, à partir de trois circuits principaux d'enquêtes illustrés en Figure 11 : fabrication/chantier, conception, valorisation.

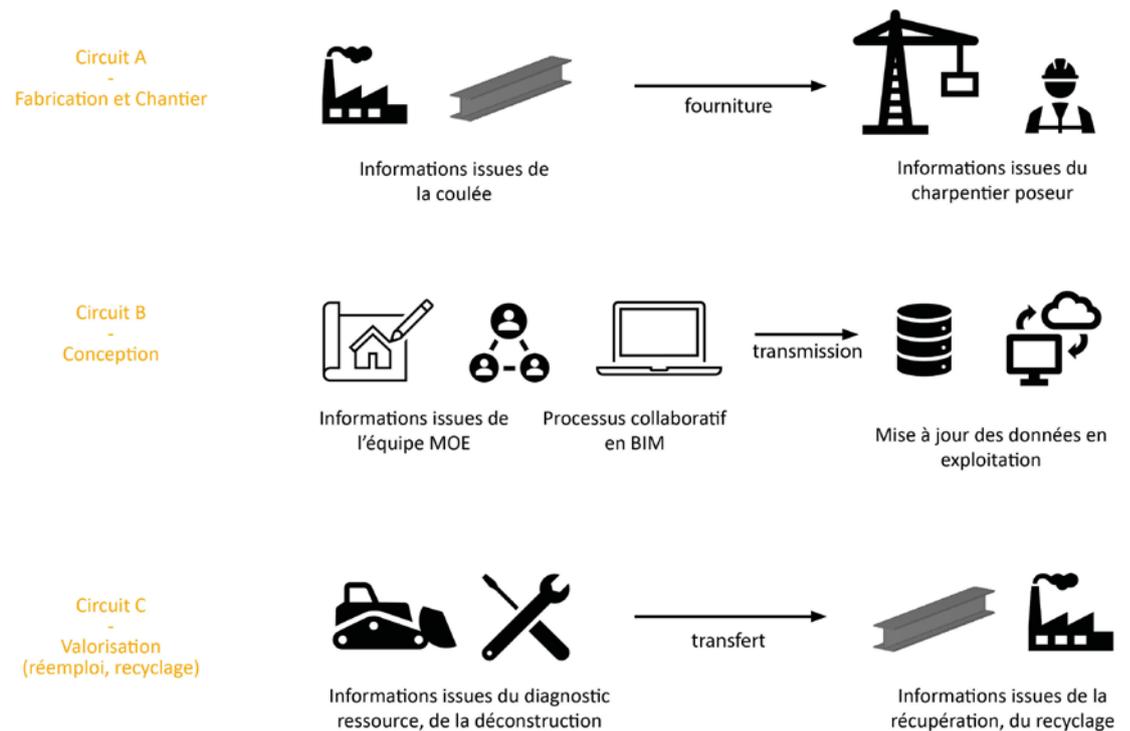


Figure 11 : Organisation de la recherche d'informations concernant la poutrelle, (@ I. Bertin, setec).

4.1. Méthodologie appliquée : chantier

Le cas test consiste en un essai de traçabilité des données relatives à une poutrelle de construction installée sur le chantier d'un bâtiment, conçu et réalisé selon le principe du « full-BIM ». Il s'agit de remonter la chaîne physique de l'élément (de la poutrelle installée, à sa production en usine), la confronter à l'évolution de la maquette BIM (APD jusqu'au DOE) et constater les données existantes dans le DOE et les évolutions dans le temps (données nouvelles et données perdues).

Afin de gagner du temps, il a été décidé de partir des deux extrémités de la chaîne : du DOE d'une part, et de la production d'autre part. Le schéma ci-dessous reprend les attentes de l'expérience, à savoir : quelles données produites, par qui et à quel moment ? quelles données transmises au cours de la chaîne ?

L'enjeu est donc de vérifier chacune des données en possession de chacun des acteurs indiqués dans le schéma du cycle de vie de la poutrelle en Figure 12.

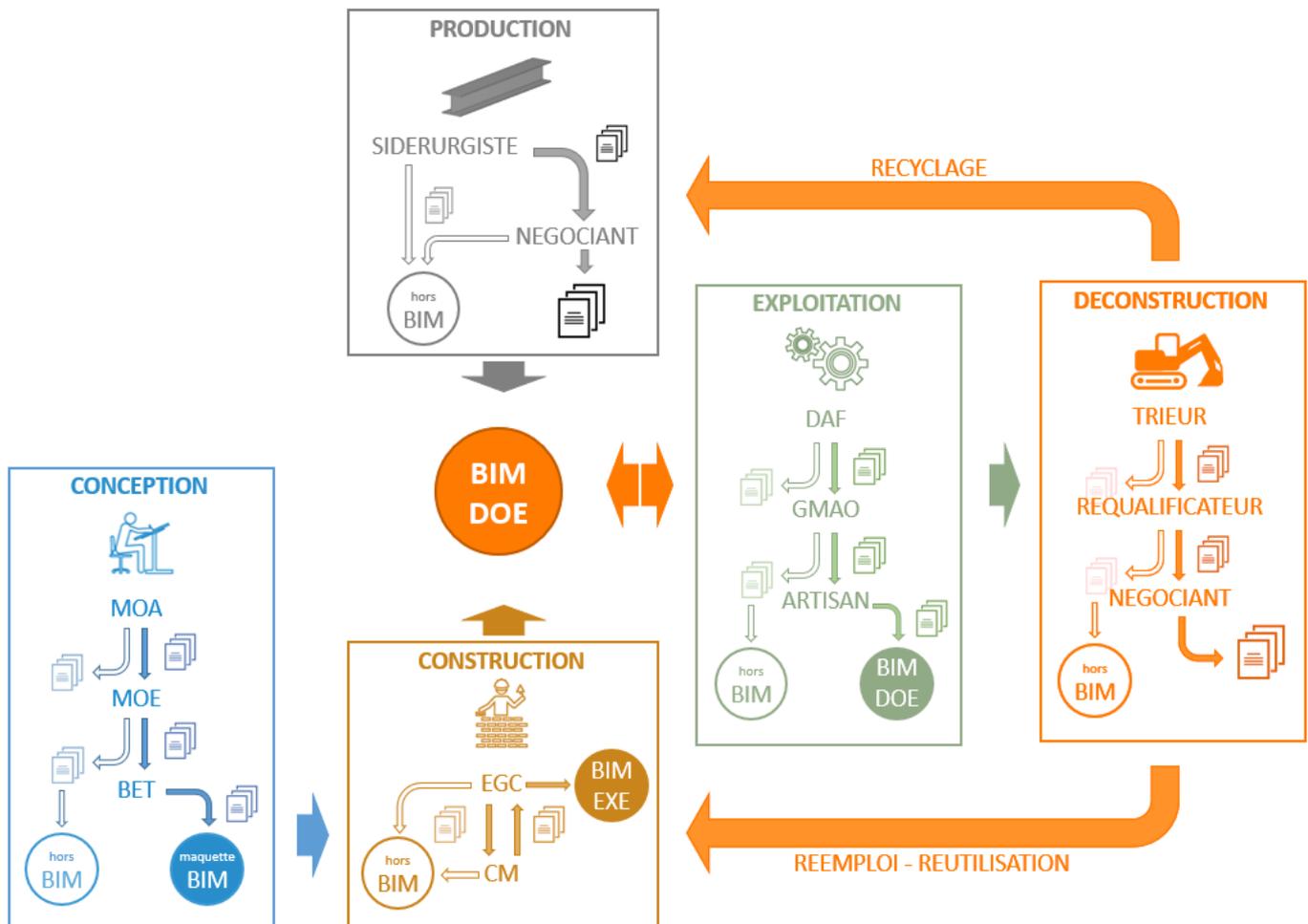


Figure 12 : Cycle de vie de la poutrelle métallique et données générées par phase, (© P. Bonaud, CTICM).

4.2. Les données attendues aux différentes phases (capitalisation théorique)

Les producteurs d'acier et de structures métalliques sont bien équipés en matière de traçabilité des composants de structures. Cette traçabilité des composants a suivi l'évolution numérique et a permis de tracer également les données, mais avec une relative capacité d'amélioration.

4.2.1. PRODUCTION, CONCEPTION, ET MISE EN ŒUVRE

Le produit initial pour notre cas test est un sous-produit en acier. Ce sous-produit sort des usines sidérurgiques avec un certificat de production, qui comprend un certain nombre d'informations, et qui est transmis soit unitairement soit par colis selon les dimensions de ces produits. Il peut exister également un marquage physique (non obligatoire) sur ces produits qui renvoie à un numéro de production. Les exemples d'étiquettes sont donnés en Figure 13, Figure 14, Figure 15.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Exemple d'étiquette papier / produit

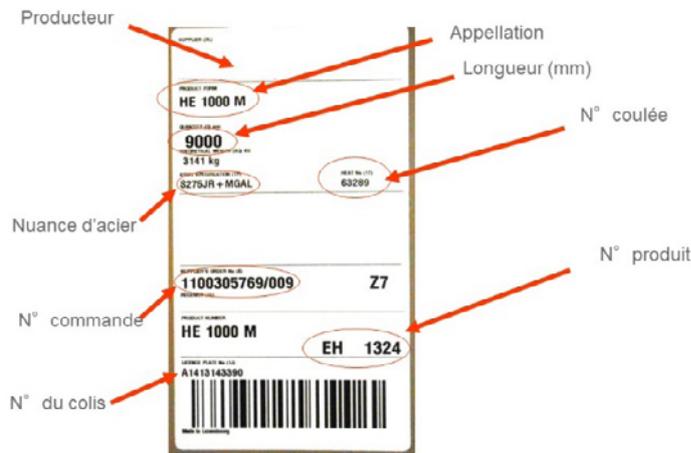


Figure 13 : Exemple d'étiquette papier «produit», (© P. Bonaud, CTICM).

Étiquette de paquet (plusieurs profils en fagot)

- Appliqué sur chaque paquet : soit clipsé à une extrémité du paquet soit fixé aux sangles de maintien

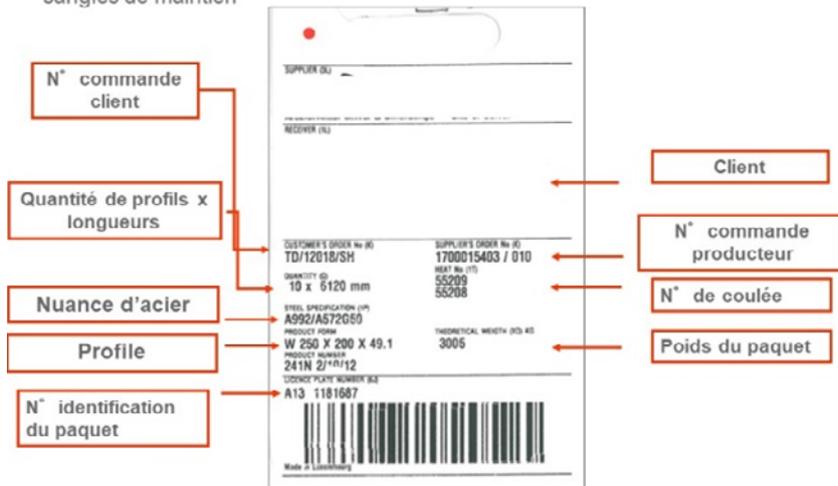


Figure 14 : Exemple d'étiquette de paquet (plusieurs profils en fagot), (© P. Bonaud, CTICM)

Étiquette unitaire (1 par produit)

- Appliqué uniquement après accord du client sur l'âme du profil
- Disponible pour les sections d'une hauteur supérieure à 120 mm



Figure 15 : Exemple d'étiquette unitaire (1 par produit), (© P. Bonaud, CTICM).

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Le producteur fournit donc des données épurées et il transmet des documents papiers sur la provenance des aciers. Cependant, les données non transmises, telles que les compositions chimiques des aciers, ont une durée de conservation limitée à 10 années chez le fabricant de profils métalliques. Concernant les données géométriques et physiques, les aciers de construction étant tous normalisés (matière, dimensions...), les outils logiciels disposent des informations les caractérisant. La rupture de traçabilité entre le producteur et le bureau d'études est donc compensée par la normalisation.

Propriétés du type	
Paramètre	Valeur
Famille: HE-A	
Type: HEA300	
Paramètres du type	
Structure	
Forme de coupe	Éléments à ailes larges en I
Cotes	
Largeur	30.00 cm
Hauteur	29.00 cm
Épaisseur de l'aile	1.40 cm
Épaisseur de l'âme	0.85 cm
Congé de l'âme	2.70 cm
Centre de gravité horizontal	15.00 cm
Centre de gravité vertical	14.50 cm
Effacer la hauteur de l'âme	
Patte de la bride du congé	
Patte de l'âme du congé	
Espacement du boulon	
Diamètre du boulon	
Espacement des boulons - Deux lignes	
Espacement des boulons entre les lignes	
Analyse structurelle	
Aire sectionnelle	112.00 cm ²
Périmètre	1.720 m ² /m
Poids nominal	88.30 kgf/m
Moment d'inertie - axe fort	18260.00 cm ⁴
Moment d'inertie - axe faible	6310.00 cm ⁴
Module d'élasticité - axe fort	1260.00 cm ³
Module d'élasticité - axe faible	421.00 cm ³
Module plastique - axe fort	1383.00 cm ³
Module plastique - axe faible	641.20 cm ³
Moment d'inertie de torsion	0.00 cm ⁴
Module de torsion	
Rayon d'inertie sectionnel	0.000 cm ⁶
Zone de cisaillement - axe fort	
Zone de cisaillement - axe faible	
Angle des axes principaux	
Données d'identification	
Commentaires du type	
Code d'assemblage	
Image du type	
Note d'identification	
Modèle	
Fabricant	
URL	
Description	
Protection contre l'incendie	
Coût	
Identifiant du nom de la coupe	HEA300
Description de l'assemblage	
Marque de type	
Numéro OmniClass	
Titre OmniClass	
Nom de code	EURONORM 53-62; DIN 1025-

Exemple des données attendues pour cette poutrelle dans le cadre de PPBIM.



Au cours de la production d'une structure métallique, le bureau d'études du fabricant établit une maquette numérique de la structure incluant les exigences physiques des composants. C'est ensuite au bureau des méthodes de faire coïncider les matières approvisionnées avec les matières attendues. Le bureau des méthodes va transmettre aux ateliers les détails de chaque composant avec une identification de chacune des pièces. Dans le meilleur des cas on peut avoir un repère sur chaque partie d'un sous-ensemble (repères de profil + repères de goussets, etc.) permettant l'assemblage du sous-ensemble qui disposera d'un repère permettant sa mise en place sur le chantier. Tous ces repères sont des données de la maquette numérique et une étiquette (métal ou carton, rarement une gravure).

Le charpentier, qui s'approvisionne auprès du producteur, fabrique à son tour et transmet les certificats matières (anciennement CCPU, Certificat de Contrôle de Production en Usine), eux-mêmes fournis par le fabricant d'acier. Ces certificats matières sont renseignés selon les exigences des pays où ils sont utilisés (en Allemagne on demande la composition chimique de l'acier). Les données chimiques sont alors à rendre publiques ou non mais forcément à conserver quelque part. Ainsi les préoccupations sanitaires pourront imposer de les rendre systématiquement publiques.

Au cours du chantier, le poseur va éliminer le repère du sous-ensemble après sa pose si ce repère est une étiquette. La traçabilité des composants s'arrête ici. Quant à la maquette numérique elle reste la seule source permettant d'assurer la traçabilité. La donnée est donc conditionnée à la lecture ultérieure de la maquette, et donc sujette à disparaître avec le logiciel qui l'a créée. L'enregistrement des projets au format IFC pourrait être une exigence pour permettre de rendre plus pérenne cette donnée.

En résumé, l'économie circulaire en construction métallique nécessiterait de marquer à nouveau les repères sur les composants lors du démontage, ce qui sous-entendrait de disposer de la maquette numérique à jour du bâtiment (contenant les évolutions en cours d'exploitation). Outre le fait que cette hypothèse soit très aléatoire, le risque d'erreur humaine serait également très présent au cours du chantier de démontage et impliquerait une méthode de contrôle palliative. Ce n'est donc sans doute pas la voie à privilégier.

4.2.2. VIE EN ŒUVRE

Pour la phase conception et exécution, le bureau d'études ALTO de notre groupe recherche a analysé des maquettes DOE parmi leurs projets étudiés. Un des premiers constats est que les niveaux de définition étaient différents selon les éléments structuraux (poteaux différents des poutres). La sous-traitance sur chantier entre les entreprises a engendré des pertes de données. Le dossier matériau n'a pas été renseigné correctement. La donnée existe mais elle disparaît au fur et à mesure des passages entre les outils et les entreprises intervenant sur le projet. La multiplication des acteurs et des entités engendre alors des risques de pertes (par ex : si la donnée est conservée par un sous-traitant qui fait faillite on aura perdu toutes les données en sa possession.) Il faudrait donc étudier la possibilité de prévoir une archive centralisée et généralisée, par exemple, au CSTB, (organisme national et plus fiable).

Plusieurs causes de pertes de données sont identifiées :

- réduites pour des soucis de fonctionnement (on ne peut pas tout compiler sur la maquette BIM)
- réduites par soucis commerciaux (on ne garde et on ne communique que sur une partie des données)

Concernant l'économie circulaire, la donnée a bien existé mais n'a pas été conservée car dans le cas de la réalisation de la maquette DOE, l'objectif était d'anticiper la phase d'exploitation et non une fin de vie en vue d'une économie circulaire. Il faut donc adopter collectivement une stratégie de conservation massive de la donnée en général car on ne peut pas anticiper les changements de règlements, les exigences sanitaires futures. Il est donc préconisé de ne supprimer aucune donnée produite, à aucun moment car il est impossible d'anticiper les types de données dont on aura besoin ou non dans le futur.



4.2.3. DÉCONSTRUCTION / RÉEMPLOI

La partie précédente a suivi la vie d'une poutrelle depuis sa fabrication, jusqu'à sa mise en œuvre. Afin de compléter notre cas test pour la fin de vie, l'analyse a été complétée par le retour d'expérience sur un réemploi de profil métallique. Ainsi, une étude opérationnelle a été menée par R-aedificare sur le réemploi de la structure métallique de la faculté de médecine Aix-Marseille, site Nord. Le bâtiment a été réalisé en 1969, en charpente métallique préfabriquée du type GEEP Industries. L'étude porte sur l'évaluation des conditions techniques et économiques de son réemploi *in-situ* et *ex-situ*. La réhabilitation lourde du site, en conservant la structure métallique est étudiée comme une forme de réemploi *in situ*.

Dans un premier temps la recherche s'est portée sur l'identification du gisement :

- Reconstitution de la conception de la structure métallique
- Identification des assemblages
- Relevé des dimensions manquantes

Une fois identifiés le gisement et ses composants, la recherche s'est portée sur ses caractéristiques et ses possibles altérations :

- Bilan sanitaire – État des revêtements (corrosion, peintures)
- Études techniques (Feu, plomb, Études structurelles)
- Reconstitution historique (âge de l'ouvrage, typologie et réglementation au moment de la construction)
- Vie de l'ouvrage (modifications et expositions aux risques)

La donnée nécessaire à capitaliser dans le cadre du réemploi est finalement identique à celle nécessaire à sa mise en œuvre : son relevé géométrique, ses capacités techniques, sa réaction au feu, ses possibles déformations...

Cependant, il a été très difficile de trouver les documents d'archives répondant aux besoins d'identification de la structure métallique. Les plans d'archives conservés concernent essentiellement les réseaux qui sont nécessaires à l'usage et l'entretien du bâtiment. Bien que le bâtiment n'ait pas changé de propriétaire tout au long de son activité, et que ce dernier ait une vraie politique de gestion de son patrimoine, les données sur le bâtiment (DOE, permis de construire) ont été introuvables dans les archives. Seules les archives de l'architecte, ont pu être consultées aux archives municipales du fait de la notoriété du concepteur. Ces recherches ont donc permis entre autres, l'identification de l'architecte, la date de construction et le fabricant de charpente métallique.

L'ensemble des éléments nécessaires à la qualification de la structure et à ses capacités de remises en œuvre a pu être collecté sur site et par des investigations complémentaires :

- Relevé sur site de la composition de la structure, dimensionnement de ses parties et types d'assemblages,
- Recherche de la caractérisation de l'acier : prélèvement pour détermination de la nuance d'acier, mesure d'épaisseur des tubes aux ultra-sons, prélèvement de peinture pour estimer la capacité à supporter de nouvelles couches, bilan sanitaire et état de corrosion,
- Recherche de plomb et présence d'amiante,
- Calcul de structure pour connaître la descente de charge supportées en œuvre.

Un élément de structure métallique ne perd presque pas ses capacités structurelles dans le temps, seules des contraintes particulières peuvent l'affecter (surcharge exceptionnelle importante, feu, grand froid). La connaissance de la provenance des matériaux et des contraintes subies par l'acier est donc très importante pour ses domaines d'emplois futurs. De plus, on peut noter que la structure est souvent protégée dans les faux plafonds, derrière des panneaux de façades, entre deux menuiseries et donc peu visible. Si un relevé géométrique, qu'il soit 2D ou 3D ou par nuage de points, permet de valider des dimensionnements, il ne peut par contre pas différencier les objets, et ne relève que les éléments de surfaces, sans accéder aux parties cachées de l'ouvrages.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

4.2.4. DÉCONSTRUCTION / RECYCLAGE

Pour compléter le cas test, un scénario de recyclage en fin de vie a également été étudié. Depuis le 1er janvier 1996, un nouveau référentiel des ferrailles, valable dans tous les pays de l'Union, est applicable en France. L'objectif commun des sidérurgistes et des entreprises de récupération et recyclage de métaux est l'amélioration de la qualité de la matière qui alimente des fours électriques.

Plusieurs difficultés sont rencontrées par les filières consommatrices de ferrailles :

- Les teneurs en alliage des ferrailles (cuivre, étain, chrome, ...). En effet, au-delà d'une certaine proportion, ces métaux non ferreux sont indésirables. Le cuivre, un des principaux « ennemis », peut ainsi altérer les capacités de la transformation à chaud de l'acier, ce qui se traduit par des problèmes d'état de surface.
- La densité médiocre de certains lots.
- La teneur élevée en stériles (principalement de la terre), qui nuisent au rendement du four.

Pour ces raisons, sidérurgistes et recycleurs de métaux se basent sur des critères objectifs :

- Épaisseurs et dimensions,
- Densité,
- Proportions de stériles,
- Analyse chimique avec des teneurs limites en alliages.

C'est la qualité qui détermine le prix de chaque lot. A noter que chaque lot ne peut être analysé. Des méthodes statistiques sont donc utilisées par les sidérurgistes. En ce sens, pour améliorer la qualité, les informations qui seraient utiles aux recycleurs de métaux sont alors la composition / la nuance de l'acier utilisé, et, le cas échéant, la nature du traitement de surface chimique (peinture, flocage, etc.).

La poutrelle type qu'on peut retrouver mise en œuvre sur le chantier est ainsi classée en catégorie « Vieilles Ferrailles E3 », comme indiqué en Figure 17. Elle est préparée de façon à assurer un chargement direct dans le four électrique du sidérurgiste.

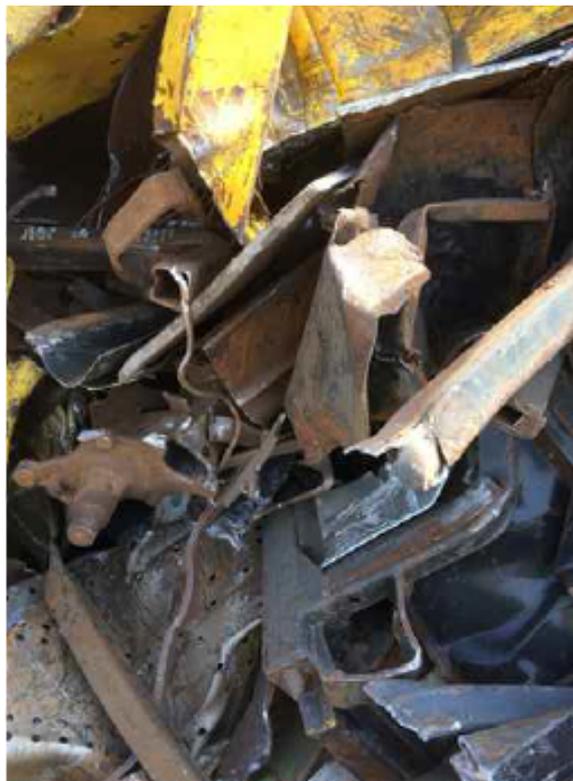


Figure 16 : Vieilles ferrailles, (© Federec BTP).



Réf.	Description	Dimensions	Densité	Stériles
E3	Vieilles ferrailles épaisses, d'épaisseur prédominante supérieure à 6 mm, dans des dimensions n'excédant pas 1,5x0,5x0,5 m, préparées de façon à assurer un chargement direct. Peuvent inclure des tubes et des sections creuses. Excluent les ferrailles provenant de carrosseries de véhicules et les roues de véhicules légers.	Épaisseur ≥ 6 mm < 1,5 x 0,5 x 0,5 m	≥ 0,6	≤ 1 %

Figure 17 : Extrait du référentiel des ferrailles.

4.3. Les ruptures de transfert de données entre les acteurs (capitalisation pratique)

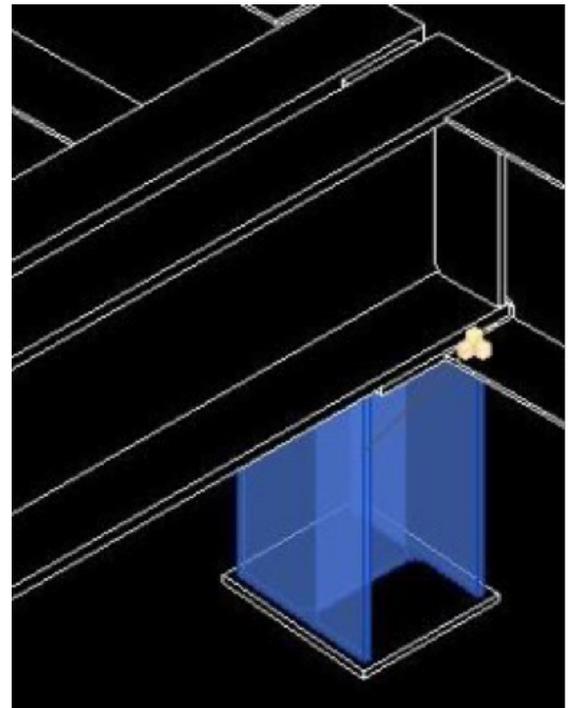
Après avoir étudié en partie 4.2, les données générées par chaque acteur et les données effectivement transmises à chaque acteur, nous allons ici chercher à analyser où se situent les ruptures de transmission de ces données.

4.3.1. LES LIMITES DU MODÈLE BIM

Il est ici proposé d'analyser le contenu du modèle numérique BIM afin d'identifier les ruptures ou manques d'informations transmises. L'analyse du niveau de développement d'une maquette est faite à partir du LOIN (niveau de besoin d'information). Dans ce cas, on a évalué le LOIN de la maquette structure métallique du DOE.

La maquette SME (Structure Métallique) a été modélisée à partir du logiciel TEKLA Structure. De ce fait, l'ensemble de tous les paramètres nécessaires n'a pu être pris en compte. Les paramètres IFC ne sont pas complets par rapport aux possibilités propres au logiciel TEKLA, ainsi lorsqu'on exporte au format IFC pour pouvoir ouvrir la maquette avec un autre logiciel, on perd un certain nombre de données. Dans les propriétés du type de chaque élément on va trouver le groupe « Paramètres IFC » avec la même structure que la fenêtre « Propriétés » sur le logiciel TEKLA, dont des captures d'écrans sont visibles en Figure 18.

Paramètre	Valeur
Paramètres IFC	
IfcDescription	IICA100
NameOverride	
ObjectTypeOverride	HEA180
LoadBearing	<input checked="" type="checkbox"/>
Reference	O11
Tag	ID5639c2c9-0000-2a91-3134-343636343334
Hauteur	0.1710
Largeur	0.1800
Longueur	0.3385
Poids	12.000 kg
Surface nette	0.000 m ²
Surface par tonne	0.000 m ²
Surface supérieure totale	0.000 m ²
Volume	0.000 m ³
Classe	7
Matériau	S275JR
Niveau bas	-0.678
Niveau haut	0.340
Nom	POULEAU
Phase	20
Profil	HEA180
Repère de pièce	O11
Repère préliminaire	
Finition	GALVA
Repère d'assemblage	O11



Paramètre	Valeur
Paramètres IFC	
IfcDescription	ECROU_M16
NameOverride	ECROU-M16
ObjectTypeOverride	ECROU_M16
LoadBearing	<input checked="" type="checkbox"/>
Reference	1123
Tag	1123
Hauteur	0.0240
Largeur	0.0277
Longueur	0.0130
Poids	0.100 kg
Surface nette	0.000 m ²
Surface par tonne	0.000 m ²
Surface supérieure totale	0.000 m ²
Volume	0.000 m ³
Classe	77
Matériau	S235JR
Niveau bas	+12.107
Niveau haut	+12.120
Nom	ECROU-M16
Phase	51
Profil	ECROU_M16
Repère de pièce	1123
Repère préliminaire	
Finition	
Repère d'assemblage	PR9

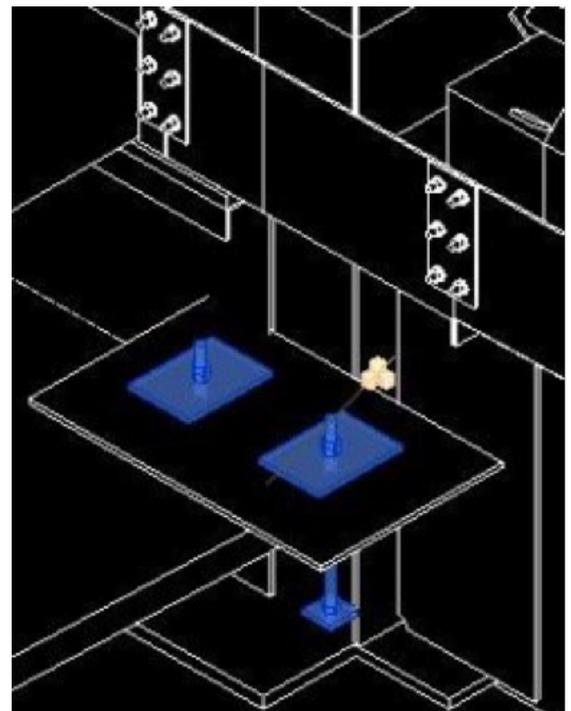


Figure 18 : Extraits de la maquette numérique et des propriétés attachées à l'objet BIM, (© P. Gordo Gregorio, ALTO).

L'analyse de la maquette aboutit aux résultats suivants :

- Des marques d'emplacement dans tous les éléments en acier.
- Des « équipements spécialisés » (écrous, goussets, raidisseurs, platines etc.) et quelques poteaux sont bien renseignés par élément (dans l'onglet Paramètres IFC).
- Des matériaux ne sont pas renseignés.
- L'acier des poutrelles, des poutres et des poteaux (S275JR) n'est pas renseigné avec ses caractéristiques thermiques et physiques.
- Le renseignement des maquettes a été fait dans l'optique de la maintenance. En conséquence, les nouveaux paramètres insérés dans la maquette pour la phase exploitation maintenance seront davantage développés dans les maquettes MEP (*Mechanical, Electrical, and Plumbing*).
- Le renseignement des matériaux (hors matériaux structurels métalliques) est plus complet car ils ont été modélisés sur le logiciel Revit et non sur TEKLA.



La sous-traitance entreprise ou le manque de compatibilité logiciels métier a entraîné une rupture du transfert de la donnée. Il est également possible que certains produits complexes de l'acier, comme les PRS qui sont un ensemble de différents composants n'embarquent pas les propriétés de ces différents composants. Les limites logicielles peuvent également provoquer la perte de données : par exemple, le projeteur n'a pas toujours la possibilité de remplir la nuance d'acier et l'information n'est donc pas toujours renseignée et parfois perdue.

4.3.2. TRANSMISSION MAÎTRISE D'ŒUVRE / EXPLOITATION

ALTO Ingénierie a tenté de récupérer les maquettes DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) et les maquettes DEM (Dossier d'Exploitation Maintenance) d'un même projet. À la suite de plusieurs échanges avec les MOA, la récupération d'une maquette DEM n'a pas abouti car :

- Les projets n'utilisent pas le BIM actuellement pour la gestion de données,
- La création d'une maquette plus légère comme support géométrique de la gestion des informations n'a pas été développée.

Cependant, à la fin de l'élaboration du DOE, la mise en place d'un protocole BIM exploitation entre le BIM Manager et l'exploitant, a permis le développement d'un outil ou passerelle entre les maquettes DOE et les outils GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) des exploitants, afin d'extraire les nomenclatures nécessaires pour l'exploitation dans une base de données Excel.

La MOA a choisi un outil de gestion qui peut être différent avec un autre exploitant, malgré les problèmes rencontrés avec cet outil pendant l'extraction des données de la maquette au format Excel. L'extraction de données, préparée par le premier exploitant, ne correspondait pas exactement aux besoins du logiciel du deuxième exploitant. En effet, la gestion des données et la structure de la base de données n'ont pas été adaptées. Le développement de l'intégration d'une interface avec la maquette numérique DEM reste donc toujours un problème, qu'il faudrait optimiser à l'avenir, en cas d'exploitation en BIM.

Dans les maquettes DOE, chaque objet a une dizaine de paramètres, et de codifications introduites dans la maquette numérique (définis par le premier exploitant en collaboration avec la maîtrise d'œuvre dans un protocole BIM), pour permettre de basculer les informations vers les outils GMAO. L'intérêt était de faire une base de données bidirectionnelle et d'actualiser les maquettes avec les nouvelles informations, ou bien de créer des maquettes plus simplifiées (maquettes DEM). Aujourd'hui, le résultat consiste en une base de données avec des milliers de lignes, qui n'est pas encore utilisée.

On constate donc que de nombreux développements sont nécessaires afin de lier les pratiques de l'équipe de conception avec les pratiques de l'équipe d'exploitation. Le processus BIM ne semble pas encore adopté par les équipes en maintenance exploitation ce qui peut freiner la transmission des données. Cependant, un système de transmission et de capitalisation pourrait également être développé en dehors du BIM.

4.3.3. REX DE L'ÉTUDE DE CAS TEST

Globalement, les entreprises n'ont pas renseigné les informations dans la maquette numérique DOE. Cette action doit généralement faire l'objet d'une mission complémentaire pour le bureau d'études qui, pour ce cas test, n'a renseigné uniquement que les informations demandées par l'exploitant. Ces informations étaient donc orientées pour la maintenance des équipements et par conséquent, les caractéristiques de matériaux ne faisaient pas partie du cahier de charges BIM DOE-DEM. La précision de la demande client à travers les pièces contractuelles BIM est donc primordiale.

Le reste des informations fait partie du DOE numérique en format PDF. Une analyse complémentaire avait pour but de trouver les informations de la poutrelle dans ces documents PDF. Cependant, puisque la mission de l'entreprise en charge de la structure a été réalisée par un sous-traitant, il y a un manque d'informations, notamment en ce qui concerne les types d'acier, dans les documents finaux. Un contrôle renforcé est donc souhaitable afin de vérifier la qualité du renseignement d'informations.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

La maîtrise d'ouvrage du projet n'avait pas prévu, au début du projet, la réalisation d'une démarche BIM ni la prise en compte d'une économie circulaire sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment. En conséquence, les besoins de renseignements minimaux, qui auraient pu inclure les caractéristiques des matériaux, n'ont pas été exprimés.

Le niveau d'information dans les différents éléments de la maquette numérique est très varié, par exemple les poteaux sont bien renseignés (avec code d'identification, matériau, finition, poids etc.) mais ce n'est pas le cas de poutres et des poutrelles. Cependant, il y a de petits éléments comme les vis, qui sont parfaitement bien renseignés. Il y a deux possibilités qui peuvent donner lieu à ce type d'incohérences :

- Un téléchargement d'objets issus du site internet d'un fournisseur (et dans ce cas l'URL de l'objet devrait être renseignée).
- Un des intervenants, à un moment donné, a eu besoin de renseigner ces informations pour réaliser des exports, calculs etc.

Il apparaît donc que les problèmes de non-transmission des données pourraient en partie se régler grâce à un contrôle du niveau d'information des éléments à la fin du DOE.

SYNTHÈSE

Ce cas test basé sur la vie d'une poutrelle métallique a permis de relever les problématiques des pratiques actuelles pour la transmission des données :

- De nombreuses données sont aujourd'hui transférées mais ne sont pas conservées. Pour le cas de la poutrelle métallique, les données importantes pour une optimisation à la fin du premier cycle qui sont transférées entre acteurs mais non conservées sont par exemple les propriétés chimiques de l'acier qui sont d'importance capitale en cas de galvanisation lors du réemploi.
- D'autres données, et notamment celles des éléments d'assemblage ne sont actuellement pas capitalisées et permettraient de faciliter la revalorisation future ;
- Trois pistes d'évolution du process ont été identifiées pour faciliter la capitalisation et le transfert des données : d'une part, les données sur les dimensions des poutrelles, et la nuance d'acier sont conservées par les usines de production, mais uniquement pour une période de 10 ans. Une conservation plus longue permettrait, via le numéro de commande (identifiant unique), de vérifier en fin de premier cycle les dimensions initiales et la nuance d'acier ; D'autre part, les étiquettes caractérisant les produits mis en œuvre sont souvent retirées au moment de la pose. Ces étiquettes intègrent des données techniques utiles à la valorisation future (dont nuance d'acier et dimensions) et pourraient être laissées en place ; Enfin, les certificats matière fournis par le charpentier doivent être capitalisés par les maîtres d'ouvrages
- Il existe déjà une obligation, pour le charpentier, de fournir des certificats matière. Un travail d'harmonisation des exigences à l'échelle européenne permettrait de faciliter la capitalisation de ces informations dans une maquette numérique ;
- La donnée est souvent dépendante du logiciel qui l'a créée. L'enregistrement des projets au format IFC pourrait être une exigence pour autoriser une réelle interopérabilité. Le format IFC doit être augmenté de certaines propriétés en vue d'une économie circulaire car il ne comprend pas toutes les données renseignées dans les logiciels spécifiques.
- De nombreux développements sont nécessaires afin de lier les pratiques de l'équipe de conception avec les pratiques de l'équipe d'exploitation. Un système de transmission et de capitalisation pourrait également être développé en dehors du BIM.
- L'économie circulaire en construction nécessiterait de disposer de la maquette numérique à jour du bâtiment (contenant les évolutions en cours d'exploitation).
- Il faut adopter collectivement une stratégie de conservation massive de la donnée existante. Il n'est pas possible d'anticiper les données dont on aura besoin en fin de vie, les changements de règlements, les exigences sanitaires futures.
- Pour une valorisation matière optimale (techniquement et économiquement), il est nécessaire d'améliorer la qualité des informations transmises en fin de vie. Un recyclage optimal demande une plus grande précision des données qu'il faudra tracer pendant tout le cycle de vie.
- Un contrôle du niveau d'information des éléments permettrait de ne pas perdre une bonne partie des données déjà produites et peut faire l'objet de missions supplémentaires.

Au-delà de l'amélioration des méthodologies et pratiques courantes, l'économie circulaire demande également une capitalisation d'autres données complémentaires encore.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

5.

**Le manque
d'information,
les données
à créer, les
transferts à
assurer**

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Après avoir passé en revue les pratiques actuelles et les manquements dans la capitalisation de la donnée produite aujourd'hui, l'enjeu est de préciser les améliorations possibles à plusieurs niveaux :

- Les supports de la donnée (proposer une meilleure utilisation des supports existants, suggérer de nouveaux supports)
- La conséquence d'une capitalisation de donnée (environnementale, juridique)
- La qualité et la valeur de la donnée elle-même (capitaliser la donnée existante mais également générer des nouvelles informations complémentaires)

5.1.

Le support de la donnée, améliorations souhaitées

Les améliorations proposées ci-après doivent avant tout faire l'objet d'une commande ou d'une mission pour atteindre les objectifs souhaités. La demande permettra aussi d'encourager la monnaie en compétence de l'ensemble des acteurs de la chaîne de construction sur ces sujets.

5.1.1. GÉNÉRALISATION D'UN DOE NUMÉRIQUE

Dans le but de mettre en place et favoriser une généralisation du réemploi ou un recyclage performant, il est indispensable de penser la traçabilité à très long terme. En effet, les éléments constitutifs d'un bâtiment doivent pouvoir être transmis à un concepteur d'un second cycle, différent du concepteur initial et ceci en toute indépendance. Pour cela une traçabilité infaillible doit être mise en place, en accord avec les garanties couvertes par les assureurs et les procédures des bureaux de contrôle.

Bien que le DOE papier ou numérique, existe depuis un certain temps, il faut systématiser sa numérisation sécurisée pour éviter les trop nombreuses pertes constatées dans la pratique. Ce DOE doit également faire l'objet d'un contrôle de sa production et de la nature de l'information transmise car les renseignements sont parfois transmis succinctement dans ce document. Le DOE doit pouvoir être consulté au moment de la fin de vie du bâtiment avant déconstruction. Deux stratégies sont possibles : soit un archivage sécurisé à long terme chez le MOA à qui le bâtiment a été livré, soit une transmission sécurisée du DOE à l'exploitant ou aux exploitants successifs avec mise à jour des transformations du bâtiment pendant sa vie. Afin de maximiser la conservation de ces données, les deux stratégies seraient à mettre en place en parallèle.

L'accès aux données retraçant la composition d'un bâtiment et sa vie en œuvre permet de gagner en efficacité sur les diagnostics ressources et sur la fiabilisation du domaine d'emploi initial.

Les données à capitaliser sont *a minima* :

- Les plans à jour
- Le DOE
- Les carnets d'entretiens
- Les rapports périodiques de contrôles

Le retour d'expérience nous a permis d'identifier quelques recommandations et notamment de doubler la sauvegarde numérique par une sauvegarde papier sécurisée. Ainsi, la présence sur site (dans le bâtiment même) des archives sécurise sa conservation, en évitant les déménagements lors de transfert de propriété et l'éparpillement de la donnée. Le marquage physique des matériaux est un gain de temps pour identifier les produits et garantir la fiabilisation de son identification. Les données liées à son identification peuvent alors être retrouvées facilement à la source ou par analogie. La difficulté de tenir à jour les données pour l'utilisateur est indéniable, pourtant il peut être plus chronophage de chercher les modifications réalisées non tenues à jour que de réaliser un travail de relevé.



5.1.2. PROBLÉMATIQUE NUMÉRIQUE

Les moyens dont nous disposons aujourd'hui : BIM data, IoT, systèmes embarqués, peuvent considérablement améliorer cette nécessaire traçabilité, afin de garantir une sécurité pour la remise en œuvre et assurer la couverture des responsabilités des différents acteurs impliqués dans les différents cycles de réutilisation des éléments. Cependant, en considérant qu'un élément idéalement conçu pour le réemploi pourra enchaîner plusieurs cycles de mise en œuvre, il faut alors miser sur une pérennité des données pour au minimum 100 ans. Cette hypothèse reste une énigme à résoudre sur le plan informatique où nous ne disposons pas d'un tel recul sur la technologie. Il est donc difficile de prétendre produire une donnée utilisable dans 100 ans, au format numérique.

5.1.3. TRAÇABILITÉS PHYSIQUES

Au-delà du modèle numérique les systèmes de traçabilité physiques tels que les puces RFID ou les capteurs peuvent apporter une source d'informations et de capitalisation de la donnée. Les marquages indépendants (lorsqu'il s'agit d'un code dont la nomenclature est connue pour pouvoir décrypter l'information) ou intermédiaires (comme pour un QR Code renvoyant vers un espace de données hébergées) peuvent également constituer des solutions à long terme mais demandent l'application d'une méthodologie commune pour être exploités par tous les acteurs. Le sujet est détaillé en partie 6.1.3.

5.1.4. BANQUE DE DONNÉES DES MATÉRIAUX

La maquette numérique BIM, les DOE numériques, les systèmes de traçabilité et autres sources d'informations peuvent tous faire l'objet d'une compilation sur une base de données. Le process BIM est organisé, et c'est surtout la base de stockage qui doit évoluer. Toute propriété hydratée par un intervenant à un moment donné doit être conservée. Cependant dans les dictionnaires on ne peut pas inventer une nouvelle propriété (non transmissibles en .ifc). Les pratiques du BIM ont largement fait l'objet de travaux de normalisation que les professionnels peinent à s'approprier. Pourtant, l'augmentation exponentielle des données générées formant la BigData doit être davantage encadrée via l'organisation d'une base de données généralisée. Cette base de données pourra constituer une banque de matériaux qui regroupera l'ensemble des bâtiments du parc immobilier, soit le gisement. Dès qu'un projet de déconstruction sera déclaré, les éléments de construction du bâtiment à déconstruire deviendront disponibles pour un réemploi ou une valorisation en flux tendu. Plus la base de données hébergera de données et de détails techniques des éléments, plus un réemploi optimal et rapide pourra être envisagé.

Un organisme pourra gérer cette base à l'échelle nationale. Des organismes privés proposent également des services semblables comme Upcyclea SAS qui assure l'hébergement des données et utilise l'intelligence artificielle pour développer des algorithmes capables d'exploiter les descriptions semi-formelles saisies dans Upcyclea, ainsi que plusieurs critères de pertinence (Rentabilité économique, impact carbone...) et s'appuie sur les recommandations de l'EPEA et des principes de *cradle to cradle*. Aux Pays-Bas, la Fondation Madaster encourage, stimule et supervise le développement et l'utilisation du passeport matériau et propose des services similaires à Upcyclea mais à une échelle nationale voire internationale puisque ce projet a reçu le financement de l'Union Européenne Horizon 2020. Madaster a l'ambition de rendre l'information toujours plus structurée et accessible. La plateforme Madaster offre la possibilité d'héberger un certain nombre de données liées à un projet immobilier, mais également de les anonymiser pour servir à des recherches nationales. Les données d'un objet immobilier spécifique restent la propriété du propriétaire de l'immeuble. L'ensemble des données de la plate-forme est supervisé par la Fondation Madaster afin de garantir la confidentialité, la sécurité et la disponibilité publique des données (anonymes).



5.2. Les responsabilités juridiques et environnementales induites par la donnée

5.2.1. RESPONSABILITÉ DÉCENNALE ET ASSURANCE DOMMAGES OUVRAGE EN ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Tout constructeur (entrepreneur, promoteur immobilier, lotisseur, maître d'œuvre, architecte, technicien, bureau d'étude, ingénieur-conseil) impliqué dans la construction d'un ouvrage neuf ou existant, ou tout prestataire lié au maître d'ouvrage par un contrat de louage d'ouvrage, est soumis à un régime de responsabilité décennale. Tout constructeur doit donc être assuré pour cette responsabilité décennale avant le démarrage du chantier. La garantie décennale concerne les vices ou dommages de construction :

- qui peuvent affecter la solidité de l'ouvrage et de ses équipements indissociables (par exemple, effondrement résultant d'un vice de construction),
- ou qui le rendent inhabitable ou impropre à l'usage auquel il est destiné (par exemple, défaut d'étanchéité, fissurations importantes).

Pour être assuré sans surprime il faut respecter les techniques dites « courantes » établies par la C2P (commission prévention produits) de l'AQC (Agence Qualité Construction). En dehors de ces techniques courantes, on se retrouve dans le domaine des techniques non courantes, tout à fait assurables, mais pouvant entraîner un surcoût non négligeable. Les techniques courantes imposent généralement l'application de DTU (Documents Techniques Unifiés) ou des Eurocodes exigeant à leur tour l'utilisation de produits marqués CE (Conformité Européenne). Le marquage CE des produits de constructions est obligatoire dès lors :

- que cette famille de produits est soumise à une norme européenne harmonisée
- ou dont le fabricant a demandé une évaluation technique

Aujourd'hui la plupart des processus remettant en œuvre des matériaux de réemploi (sans marquage) n'apporte pas les garanties suffisantes pour engager une responsabilité décennale pour les éléments qui en relèvent, ou laisse courir un risque de défaut de mise en œuvre ou de conception porté par la MOE et les entreprises. Ces processus nécessitent donc un investissement particulier technique et financier important de la part de la MOA et de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour déterminer les caractéristiques du matériau et leur domaine d'emploi. En cas de réemploi, contrairement au recyclage, la responsabilité du fabricant ne pourra être recherchée.

Le maître d'ouvrage qui doit contracter une assurance dommages ouvrage peut également subir une surprime en cas de réemploi. C'est la qualité du processus de réemploi, de caractérisation, de traçabilité et la fiabilité des modes de preuve présentés à l'assureur et aux bureaux de contrôle qui permettra d'évaluer le risque pris pour l'assurance de l'ouvrage.

Une traçabilité établie via un protocole fiable peut donc pallier les difficultés d'assurance. L'accès aux données retraçant la composition d'un bâtiment et sa vie en œuvre permet de gagner en efficacité sur les diagnostics ressources et sur la fiabilisation du domaine d'emploi initial. Mais le fait de renseigner les données dans les modèles numériques demande du temps de la part des acteurs et fait souvent l'objet de missions complémentaires de la part des MOE par exemple. Il s'agit donc de préciser cet objectif dans les missions afin de renseigner et d'obtenir les bonnes données dans le modèle numérique. Dans le domaine alimentaire ou pharmaceutique les données sont davantage maîtrisées et tracées, ce qui peut être lié également à la durée de vie concernée qui est beaucoup plus courte que celle du bâtiment.



5.2.2. ENJEUX DE LA DONNÉE POUR LE RÉEMPLOI, OBJECTIFS LÉGISLATIFS POUR LA CONSTRUCTION

Le réemploi est prioritaire dans la hiérarchie des modes de traitement des déchets dans la directive européenne n° 2008/98/CE du 19/11/08, cette priorité du réemploi sur les autres modes de valorisation (recyclage, valorisation énergétique) est rappelée dans l'article L541-1 du code de l'environnement. Le réemploi participe ainsi à la réduction de la production de déchet et à la diminution des émissions de GES et la préservation des ressources naturelles en évitant la fabrication de matériaux neufs. Le réemploi reste coûteux à mettre en œuvre, les procédés de certification et de garantie sont encore expérimentaux, et la démarche demande du temps. Cependant il représente un haut potentiel de développement pour l'économie locale et génère une source de création d'emplois locaux.

Le diagnostic déchet, régi par le décret n° 2011-610 du 31 mai 2011 est une obligation pour le maître d'ouvrage qui souhaite démolir un bâtiment dès lors qu'il dépasse 1000 m² de SHOB ou qu'il a accueilli une activité susceptible d'avoir mis en œuvre des substances dangereuses. Il a pour objectif une meilleure connaissance de la qualité et de la nature des déchets générés par une opération de démolition, afin de valoriser le tri à la source et d'orienter les déchets vers les filières les plus adaptées.

La loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire du 11 février 2020 fusionne le diagnostic déchet réglementaire et l'audit ressource dans un « diagnostic relatif à la gestion des matériaux et des déchets de la démolition ou réhabilitation significative de bâtiments ». Ce nouveau diagnostic devra fournir les « informations nécessaires relatives aux produits, matériaux et déchets en vue de leur réemploi ou de leur valorisation ». Ces diagnostics doivent être réalisés bien en amont des opérations de démolitions afin de planifier la valorisation maximale des matériaux à démolir. Ils ne peuvent être réalisés qu'après les diagnostics plomb et amiante réglementaires.

Le contexte législatif ne cesse donc de se renforcer pour encourager la mise en place d'une économie circulaire dans le bâtiment : incitation au futur diagnostic ressources (renforçant le diagnostic déchets), à l'expérimentation (du réemploi), et principalement à la diminution des GES (Gaz à Effet de Serre). Ainsi la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), indique les budgets carbone de la France et la diminution des GES à atteindre pour le secteur de la construction. L'Etat s'est notamment engagé à mettre en œuvre une neutralité carbone d'ici 2050 qui impliquera un changement drastique des méthodologies de conception et de construction.

5.2.3. ENJEUX DE DONNÉES POUR LES INDUSTRIELS DU RECYCLAGE

La dernière et récente directive cadre européenne met en relief le niveau de performance actuel et attendu d'ici 2024 pour le recyclage des déchets du BTP :

- Annonce de fixation d'objectifs de réemploi et recyclage d'ici fin 2024.
- Mesures pour encourager la démolition sélective afin de :
 - Permettre le retrait/manipulation des substances dangereuses et de faciliter le réemploi et le recyclage
 - Garantir la mise en place d'un système de tri des déchets au moins pour six flux : bois, fractions minérales, métal, verre, plastique et plâtre.

Les enjeux actuels pour le développement de filières adaptées sur ces flux sont :

- La connaissance des gisements,
- La définition de modes de collecte adaptés,
- La pertinence économique et la maîtrise du coût global des opérations nécessaires.

Début 2019, le constat partagé est celui :

- D'un bon taux de valorisation pour certaines typologies de déchets (inertes, métaux, bois, PVC dur)
- Des filières en cours de développement (plâtre, PSE, PU, PVC moquette, laine de verre)



- De fabricants engagés sur certains types de déchets (moquettes, faux plafonds)
- D'engagements pour la Croissance Verte signés récemment (Plâtre, Verre plat, Bois en cimenterie)

Sur les filières établies et celles en cours de développement, les industriels consommateurs définissent les cahiers des charges d'acceptation des Matières Premières issues du Recyclage (MPiR) et les diffusent aux professionnels du recyclage.

Le premier enjeu reste la connaissance détaillée des gisements dans un bâtiment à rénover ou à déconstruire. La réglementation actuelle impose la réalisation de plusieurs diagnostics avant travaux ou avant démolition. Ces diagnostics ont des objectifs différents. Par exemple, le repérage de l'amiante avant travaux a pour objectif principal la protection des futurs intervenants sur le chantier, et le diagnostic « déchets » réglementaire doit permettre une bonne préparation du projet de démolition pour l'envoi des déchets vers les filières les plus pertinentes, le suivi et la traçabilité des déchets générés par les travaux. Un enjeu plus prospectif serait la connaissance de la démontabilité des composants d'un ouvrage. Ainsi une connaissance détaillée des types de matières (par exemple nuance d'acier, ...) permettrait d'adapter le tri et d'optimiser les filières de recyclage et de réemploi. De plus, la connaissance approfondie des gisements peut fiabiliser l'incorporation de MPiR dans les process des producteurs de matériaux de construction, leur permettre de réduire leur impact carbone et leur impact sur la consommation de ressources naturelles.

5.3.

La qualité de la donnée et les informations complémentaires à capitaliser

La mise en place d'une économie circulaire demande une meilleure maîtrise de la donnée déjà produite aujourd'hui mais aussi le développement de la théorie afin de créer la nouvelle donnée pertinente pour une valorisation matière : réemploi, recyclage. L'objectif est aussi de pouvoir retrouver, en fin de vie, une donnée qu'on a déjà générée en début de cycle, et ainsi éviter de réaliser deux fois les efforts pour obtenir cette même donnée à deux moments différents. La traçabilité permettra donc de faciliter le diagnostic ressource et de simplifier les essais de caractérisation. Il est ici proposé de partir de la fin de vie pour établir les données recherchées lors d'un diagnostic ressource afin de mieux les anticiper en début de cycle les produisant et les capitalisant.

5.3.1. LE RECUEIL DE DONNÉES LORS DU DIAGNOSTIC RESSOURCE

Le diagnostic ou audit ressource, caractérisant les matériaux existants en vue de leur réemploi, est réalisé aujourd'hui de manière volontaire par le maître d'ouvrage, bien qu'il tende à fusionner avec le diagnostic déchets et pourrait devenir obligatoire, cf. 5.2.2. Le diagnostic ressource exige un inventaire aboutissant au recueil des données nécessaires aux valorisations dans le cadre d'une économie circulaire. Les informations identifiées dans le Tableau 1 font référence à la méthodologie générique développée dans l'enjeu A de cet AMI :

TYPE D'INFORMATION	DEGRÉ D'IMPORTANCE
« Photo »	Conseillé
« Intitulé du lot »	Indispensable
« Quantité (+ unité de mesure) »	Indispensable
« Dimensions d'un élément »	Indispensable

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

« Type / marque / dénom. Technique »	Conseillé
« Date de mise en œuvre »	Conseillé
« Emplacement dans le bâtiment »	Indispensable
« Points d'attention et précisions »	Conseillé
« Remarques »	Conseillé
« Masse unitaire »	Conseillé
« Masse totale d'un lot »	Indispensable uniquement en cas de marche de services (route A.1.). Facultatif dans les autres cas (route A.2., A.3. et B)
« Montant estimé pour la totalité du lot »	Indispensable uniquement en cas de marche de services (route A.1.). Facultatif dans les autres cas (route A.2., A.3. et B)
« Marquage CE ou équivalent »	Indispensable
« Norme afférente, DTU ou Eurocode »	Indispensable
« DVR et le cas échéant le reste à amortir en années »	Conseillé

Tableau 1 : Données capitalisées lors de l'audit ressource.

L'information concernant l'état du matériau, indiquant les éventuelles altérations esthétiques ou techniques est nécessaire au niveau de l'audit ressource. En effet l'objectif du diagnostic n'est pas uniquement de comptabiliser et caractériser les matériaux en présence mais bien de déterminer quels sont les éléments qui seront intégrés à un processus de dépose soignée et de reconditionnement en vue du réemploi.

Le diagnostic ressource peut être complété par des fiches détaillées pour chaque matériau en fonction de l'intérêt porté par le maître d'ouvrage ou le futur utilisateur vis-à-vis des matériaux pour réemploi *in situ* ou hors site, intégrant des éléments complémentaires visant à une meilleure connaissance de ses caractéristiques techniques, avec recherche à travers une analyse documentaire fouillée, précisant également les précautions de dépose et les modalités de réemploi. Cette problématique a été traitée spécifiquement dans l'enjeu A : valorisation des ressources issues du bâtiment, et en particulier la fiabilisation des performances résiduelles en vue d'un réemploi de cet « AMI FBE ECB : Économie Circulaire pour le Bâtiment ». L'enjeu A a notamment élaboré des guides portant sur la fiabilisation des performances en vue du réemploi pour différentes familles de matériaux, précisant les attendus du diagnostic ressource.

Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction produit dans le cadre du projet européen Interreg FCRBE (Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements in Northwestern Europe, ou «faciliter la circulation d'éléments de réemploi en Europe du Nord-Ouest»), est en cours de réalisation depuis janvier 2019 et jusqu'à janvier 2022. Il confirme les grandes orientations que chaque acteur du réemploi a mis en œuvre de manière expérimentale. Dans sa version préliminaire, le guide rappelle les prérequis nécessaires à l'élaboration d'un diagnostic ressource, qui procurent les informations générales relatives au contexte dans lequel l'audit est réalisé. Certaines données pourront être rattachées aux matériaux :

- Utilisation et classement du bâtiment au regard de la réglementation
- Localisation du bâtiment en fonction des zones sismiques, altitude et classification par rapport au vent et à la neige.

Au niveau de l'ouvrage, l'audit ressource est complété par une recherche approfondie pour caractériser le gisement autour des grands objectifs :

- Bilan sanitaire (présence de substances dangereuses) et état des revêtements
- Études techniques (feu, plomb, études structurales et vérification de la descente de charges)
- Reconstitution historique (âge de l'ouvrage, typologie et réglementation au moment de la construction, état de vieillissement des matériaux et/ou leur DVR, Durée de Vie Résiduelle)
- Vie de l'ouvrage (modifications et expositions aux risques, incidents subis pendant l'exploitation comme un incendie ou un dégât catastrophe naturelle)

Peut s'ensuivre ensuite un protocole de caractérisation des performances résiduelles avec essais (mécaniques, acoustiques, feu, ...) dans un laboratoire approprié en concertation avec les assurances et bureaux de contrôle.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

5.3.2. CARACTÉRISATION STRUCTURALE ET INTÉGRATION AU BIM

Les responsabilités induites par le caractère spécifique des éléments porteurs doivent amener à une traçabilité particulièrement élevée pour cette famille d'éléments. Pour rappel en partie 5.2.1, les éléments structuraux font l'objet d'une responsabilité décennale, alors que ce n'est pas le cas pour la plupart des éléments du second œuvre. Les désordres éventuels selon les catégories d'éléments n'ont donc pas les mêmes conséquences pour les professionnels de la construction.

Concernant les éléments de structure, plus particulièrement, une traçabilité doit être mise en place, dès la fabrication ou le reconditionnement afin de garantir la transmission de la donnée tout au long du cycle de vie. Dans le but de permettre un réemploi et de transmettre au futur ingénieur concepteur des données fiabilisées, en particulier pour les éléments structuraux, SETEC a élaboré une liste de paramètres à renseigner lors de la modélisation BIM, détaillés dans le Tableau 2. Le modèle numérique BIM est alors lié aux logiciels spécialisés internes de calculs de structure, laissant également la possibilité de communiquer avec une banque de matériaux disponibles au réemploi. Ces paramètres structuraux sont mis en parallèle avec les paramètres environnementaux et couplés à des calculs ACV par ailleurs.

ACIER		BÉTON	
Poteaux	Poutres	Poteaux	Poutres
Paramètres partagés	Paramètres partagés	Paramètres partagés	Paramètres partagés
Section :	Section :	Section :	Section :
POT_Longueur	POU_Largeur	POT_Longueur	POU_Largeur
POT_Largeur	POU_Hauteur	POT_Largeur	POU_Hauteur
Elancement	Aire de la section	Elancement	Section
Composition de l'acier (dont soudabilité)	Composition de l'acier (dont soudabilité)	Désignation du béton (résistance et qualité)	Désignation du béton (résistance et qualité)
Désignation de l'acier (nuance et qualité dont Re et Rr)	Désignation de l'acier (nuance et qualité dont Re et Rr)	Données environnementales eq CO ₂ /lien vers FDES :	Données environnementales eq CO ₂ /lien vers FDES :
Procédé de laminage	Procédé de laminage		
Type de produits laminés	Type de produits laminés		
Données environnementales eq CO ₂ /lien vers FDES :	Données environnementales eq CO ₂ /lien vers FDES :		
Impact environnemental (kg eq CO ₂)	Impact environnemental (kg eq CO ₂)	Impact environnemental béton (kg eq CO ₂)	Impact environnemental béton (kg eq CO ₂)
Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire			
Module d'Young E (MPa)			
Classe d'exposition des structures			
Résistance fy (MPa)	Résistance fy (MPa)		
Classe structurale	Classe structurale	Classe structurale	Classe structurale
Contrainte reprise	Contrainte reprise	Contrainte reprise	Contrainte reprise
Taux de travail ELS (MPa)			
	Flèche		Flèche
	Contreflèche		Contreflèche
Conditions de liaisons	Moment fléchissant ELS ou contrainte critique de déversement	Conditions de liaisons	Moment fléchissant ELS ou contrainte critique de déversement

Coefficient d'élanement	Conditions de liaisons	Coefficient d'élanement	Conditions de liaisons
Protection corrosion ou état de corrosion	Protection corrosion ou état de corrosion		
Position relative de l'élément (repère local x, y, z)	Position relative de l'élément (repère local x, y, z)	Position relative de l'élément (repère local x, y, z)	Position relative de l'élément (repère local x, y, z)
Procédure qualité déconstruction	Procédure qualité déconstruction	Procédure qualité déconstruction	Procédure qualité déconstruction
Procédure qualité déconstruction - Fiche			
Masse volumique	Masse volumique	Masse volumique	Masse volumique
Données CO ₂ (kg eq CO ₂)	Données CO ₂ (kg eq CO ₂)	Données CO ₂ (kg eq CO ₂)	Données CO ₂ (kg eq CO ₂)

Tableau 2 : Paramètres structuraux à capitaliser pour une économie circulaire, (© I. Bertin, setec).

ALTO a également travaillé à l'élaboration d'une charte BIM en vue d'une économie circulaire, ainsi deux types de données ont été identifiés :

- Les données générales (plutôt liées aux éléments : portes, murs, rampes, garde-corps etc.).
- Les données ou paramètres particuliers (liés aux matériaux : résistance du béton, épaisseur du bois, type de vitrage etc.).

Les méthodologies de saisie du Tableau 3 et d'extraction des données ont été décrites afin d'uniformiser le travail. Les différentes nomenclatures de Revit (nomenclatures par quantitatif des éléments ou nomenclatures de relevé des matériaux) permettent de structurer les paramètres liés à l'économie circulaire. A partir du tableau des critères d'ACV, l'enjeu est d'identifier les paramètres natifs de Revit qu'il faudra renseigner. Ensuite, une étude pour évaluer la possibilité de créer des nouveaux paramètres qui permettront d'ajouter, par exemple, les conditions de réutilisation des matériaux, dans l'hypothèse d'une économie circulaire, sera mise en place.

Element	Informations générales		Couche	Matériau	Informations particulières				
Fondation	Dimensions (volume, épaisseur, etc.)	Ref commerciale	tout	Béton	Classe d'exposition	Classe de résistance	Type de ciment CEM	Taux de ferrailage kg/m3	
	Dimensions (volume, épaisseur, etc.)	Ref commerciale	berlinoise	Profilé acier	Masse				
	Dimensions (volume, épaisseur, etc.)	Ref commerciale	berlinoise	Bois massif	Masse				
Sol	Dimensions (volume, épaisseur, etc.)	Ref commerciale	dalle	Béton coulé armé	Classe d'exposition	Classe de résistance	Type de ciment CEM	Taux de ferrailage kg/m3	

Tableau 3 : Extrait de la classification des éléments pour une économie circulaire, (© P. Gordo Gregorio, ALTO).

Ces normes structurales à l'échelle du bâtiment doivent d'une part être spécifiées selon la nature du matériau (acier, béton, bois) avec des paramètres propres, et d'autre part être liées aux nommées du fabricant de l'élément structural. Un exemple de données disponibles auprès de l'industriel sidérurgiste est donné en annexes, cf.7.4. Le lien entre le bâtiment conçu et les données fabricant permettent ainsi une exhaustivité de la connaissance de l'élément structural assurant une caractérisation optimisée en fin de vie.

5.3.3. CARACTÉRISTIQUES SANITAIRES

L'impact sanitaire des matériaux constitue également une donnée primordiale de l'économie circulaire. Les éléments chimiques sont connus au départ du cycle de la matière. Certains font partie des exigences actuelles dont les COV (Composés Organiques Volatils) classés CMR (Cancérogènes, Mutagènes et toxiques pour la Reproduction), sauf tout ce qui est présent à moins de 1%, mais les autres

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

ont une traçabilité laissée à l'appréciation des producteurs. Les produits présentent un classement légal des émissions des COV établi selon des étiquettes A+, A,B,C. Le test est effectué à 28 jours mais il n'y figure donc pas les émissions retardées de COV à long terme (phtalate qui peuvent avoir des effets sur la fertilité).

Le marché des Matières Premières issues du Recyclage (MPiR) dépend aussi de sa capacité à identifier la présence d'éléments chimiques classés ou susceptibles d'être classés CMR. En effet, en concurrence directe avec les matériaux vierges, et en l'absence de données fiables ou de possibilité de maîtrise de la présence de ces indésirables dans les MPiR, les matières vierges peuvent être privilégiées pour respecter le règlement REACH. Et ce, en allant à l'encontre de plus de déploiement de l'économie circulaire. Dans le cadre des aciers, leur composition est conservée pour une durée de 10 ans. Une politique de conservation de ces données à grande échelle et à long terme est souhaitable. Sur le logiciel Revit, les niveaux d'émissions sont parfois intégrés (cf. Indalo = plugin Revit pour la qualité de l'air).

5.3.4. HIÉRARCHIE DE LA DONNÉE POUR L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Comme on l'a vu précédemment, il serait techniquement possible de capitaliser un nombre infini de données, par précaution d'exhaustivité, et pour permettre une valorisation matière maximale en fin de vie.

Deux stratégies se dégagent en matière de capitalisation de la donnée :

- Soit toutes les données sont dans la maquette numérique ; et cela n'a de sens que si les outils informatiques le permettent (ce process n'est pas optimisé pour cela aujourd'hui)
- Soit il existe un moyen de lier l'information stockée ailleurs, et de la retrouver après la première vie de l'élément ; et cela n'a de sens que si la méthode de conservation de la donnée et celle de sa restitution opérationnelle sont établies (ce qui n'est pas non plus encore optimisé aujourd'hui)

Cependant, il n'est à la fois, pas raisonnable de stocker indéfiniment des milliards de données, ni raisonnable de demander un tel effort à l'ensemble de la chaîne de la construction. Une hiérarchisation de la donnée peut permettre, en revanche, de prioriser les efforts de capitalisation en vue de l'économie circulaire.

Un classement a été adopté selon :

- Les phases du projet
- Les types de caractérisation (structurelle, sanitaire...)

Il doit ensuite être décliné selon :

- Le matériau
- La famille d'éléments

Une nomenclature propice à une économie circulaire dans le bâtiment doit inclure différentes données, générées par différents intervenants, lors de différentes phases selon des thématiques variées. Le choix du classement de la donnée doit donc synthétiser les différents critères d'arborescence des paramètres impliqués.

Si l'accès à certaines données est nécessaire en phase d'exploitation-maintenance, une grande quantité de données n'est requise qu'en fin d'usage pour une valorisation matière, pour le réemploi ou le recyclage.

En effet, les éléments de déconstruction peuvent redevenir des produits, matériaux, équipements, composants, pour de nouveaux ouvrages, ou être transformés en vue de devenir des « matières premières issues du recyclage » servant à produire de nouveaux composants pour la construction ou pour un autre secteur. Dans le cas du réemploi, on comprend la nécessité de recouvrer les propriétés initiales sans avoir recours à des analyses qui grèveraient son coût. Les données doivent être hiérarchisées entre leur caractère :

- unique (donnée capitalisée « utile »)
- déductible (donnée superflue « exhaustive »)
- critique (fiabilité dans le cadre d'un nouvel usage, en particulier dans la structure d'un bâtiment ; sécurité sanitaire)



- mais aussi en fonction de la temporalité (ou fréquence) de leur accès, et du coût nécessaire pour retrouver la donnée qui n'aurait pas été stockée (par exemple, coût d'une analyse ou d'une caractérisation en laboratoire VS déduction visuelle).

En synthèse, on ainsi proposer le Tableau 4 de critères de hiérarchisation :

DONNÉE	ACCÈS À LA DONNÉE			ENJEUX ASSOCIÉS (fiabilité / enjeu sanitaire)		
	Donnée unique	Donnée visuellement ou théoriquement déductible	Existence de test in situ permettant d'accéder à l'information	Entretien / maintenance	Recyclage	Réemploi
Élément visé		Oui / non	Oui / non	p.e : Donnée utile en phase d'exploitation (maintenance, qualité de l'air intérieur QAI...)	p.e : Donnée utile pour adapter la filière de traitement	p.e : Donnée nécessaire pour fiabiliser le nouvel usage (élément de structure)

Tableau 4 : Critères pour la hiérarchisation de la donnée

A titre d'illustration et dans le cas de notre poutrelle en acier :

- La nature du revêtement (peinture) de la poutrelle est une donnée utile en phase d'exploitation (maintenance, QAI...) et indispensable pour le réemploi (traitement des matières après décapage) ; il s'agit d'une donnée capitalisée et facilement accessible.
- L'aire de la surface de la section de cette poutrelle est une donnée déductible de sa géométrie et que l'on peut extraire de la norme produit correspondante ; c'est une donnée inutile (sous-entendu, si elle existe tant mieux, si elle n'existe pas, elle « remontera » par un outil numérique au moment du réemploi).
- La limite d'élasticité de l'acier est une donnée utile dans les seuls cas d'intervention sur la structure ou lors du réemploi ; c'est une donnée qui doit être capitalisée mais pas nécessairement accessible en permanence (non nécessaire en phase d'exploitation).

Le présent tableau répertorie la production des données en cours du cycle de vie, autres que celles déjà spécifiées dans les travaux de recherche et de normalisation exposés dans la partie « Etat de l'Art ». Il s'agit donc de faire apparaître les données à générer en créant de nouveaux paramètres BIM qui permettraient de tracer ces informations nécessaires à l'économie circulaire.

MOMENTS, PHASES	DONNÉES PRODUITES		
	Thématique	Type d'informations	Exemples pour un profilé acier
PRODUCTION ET ÉTAPES DE PROCESS JUSQU'À INSTALLATION	Fabricant/ Producteur	Noms	ArcelorMittal
	Composition (chimie)	Masse ou % des éléments chimiques constitutifs de l'élément ou des «contaminations» en cours de process	Taux des composants (Fe, C, Mn, P, S, Si, Cr, Cu, Ni...) Nature des projectiles de sablage, Composition de la peinture
	COV	Valeurs d'émissions CMR (Benzène, Trichloroéthylène, DBP, DEHP) et autres COV (Formaldéhyde, Acétaldéhyde, Toluène, Éthylbenzène, etc.)	Aucun COV => valeurs mentionnées = valeurs minimales décelables
	Géométrie Physique	Données autres que celles existantes dans les dictionnaires BIM	Longueur du profil sortie d'usine

MOMENTS, PHASES	DONNÉES PRODUITES		
	Thématique	Type d'informations	Exemples pour un profilé acier
CONCEPTION INGÉNIERIE/MOE	Equipe MOE	Noms	Architecte, BE
	Méthodes employées	Cadres réglementaire et normatif de conception / dimensionnement	Note de calculs selon les CM66 ou selon les Eurocodes
	Référentiels	Normes produits et fiches données sécurité	
	Instrumentation	Capteurs ou puces intégrés	
	Démontabilité pour valorisation	Indice de circularité du projet	
RÉALISATION (CONSTRUCTEUR)	Equipe EXE	Entreprises de construction (et sous-traitants)	Charpentier métallique
	Exécution	DOE, DIUO, (à venir Carnet Numérique)	
	Analyse environnementale	Notation du référentiel E+C- (à venir future RE2020), performances, certifications (HQE, LEED, BREEAM, BBKA...)	
MAINTENANCE	Exploitants / gestionnaires / MOA successifs / Usagers	Noms	
	Actions	Fréquence d'entretiens, opérations réalisées, changements de produits et équipements, capteurs IoT (fréquence/durée d'utilisations)	Fréquence des contrôles visuels Échéance pour la remise en peinture anticorrosion
	Sinistre	Evènements exceptionnels : Incendie, séisme, dégât des eaux	Déclarations sinistre, diagnostic structure, note renforcement ouvrage
	Environnement	Caractéristiques évolutives de l'air extérieur et intérieur	Exposition à une atmosphère corrosive
DÉCONSTRUCTION, RÉEMPLOI ET RECYCLAGE	Diagnostic déchets et/ou ressources	Vérfications cohérence entre état existant et DE théoriques, évaluation durée de vie et caractérisation des éléments	Rapport diagnostic, DVR, code selon le catalogue européen des déchets
	Transport, déplacement	Coordonnées des intervenants successifs	Bordereau de suivi, attestation de recyclage (Déconstructeur, gestionnaires de déchets, opérateurs de réemploi),

Tableau 5 : Données complémentaires nécessaires à l'économie circulaire

A l'échelle du bâtiment en lui-même, les quantités suivantes et les informations associées doivent pouvoir notamment être extraites de la maquette BIM :

- Liste des locaux, accompagnés de la dénomination, la numérotation, la superficie et la catégorie
- Liste des fenêtres et des portes, avec mention de la dénomination, de la numérotation et des dimensions
- Quantités de base des éléments architecturaux, structuraux et techniques, déclinées selon le métré et/ou les codes du cahier des charges à respecter, y compris la dénomination, la numérotation, le type, l'étage ainsi que le nombre/la longueur/la superficie/le volume.

Les informations à recueillir dans le tableau précédent pourraient être décomposées par type de familles d'éléments. On peut utiliser le découpage par lots liés généralement aux entreprises qui réalisent ou posent les éléments, proposé dans le Tableau 5 (page suivante).

STRUCTURE	Éléments structurels porteurs du bâtiment
AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS	Aménagement intérieur et enveloppe extérieure
CONVOYAGE	Ascenseur, monte-charge, convoyeur, système de levage
PLOMBERIE	Eau potable, eau adoucie, traitement des eaux, eaux de pluie
RÉSEAUX ENERGIE (HORS ÉLECTRICITÉ)	Réseau gaz, fuel, hydrogène, cogénération...
CVC (CHAUFFAGE - VENTILATION - CLIMATISATION)	Réseaux, équipements et centrales de production
PROTECTION INCENDIE	Détecteurs, réseaux d'extinction, colonnes, RIA (robinets d'incendie armés) ...
ELECTRICITÉ	Réseaux, baies, alimentations, répartiteurs, éclairage...
ÉQUIPEMENT ET AMEUBLEMENT	Bureaux, paravents, meubles
VRD ET ESPACES VERTS	Voirie, réseaux divers et espaces verts

Tableau 6 : Familles d'éléments pour regrouper les types de données thématiques, (© G. Senior, AETIC).

Un exemple de fiche méthodologique pour intégrer les données au modèle numérique BIM est présenté en annexes, cf. 7.6, avec des précisions pour les équipements.

Une hiérarchie de la donnée peut donc être conseillée d'après les critères suivants pour privilégier les données concernant :

1. **Les éléments ayant un fort impact environnemental et qu'on l'on cherchera à réemployer ou recycler le plus vertueusement possible afin d'éviter d'extraire des matières premières rares ou un process impactant pour sa fabrication.**
→ ex : les éléments de structure, les équipements
2. **Les éléments relevant de la responsabilité décennale.**
→ ex : les éléments de structure
3. **Les informations obtenues au moment de la livraison d'un bâtiment, jumeau numérique « as-built ».**
4. **Les éléments à fort potentiel de réemploi.**
→ ex : éléments répétitifs, standardisés
5. **Les données que l'on pourra réellement sécuriser avec une double traçabilité.**
→ ex : maquette numérique et puces RFID ou marquage liés à une base de données

Enfin les matériaux présentant ou susceptibles de présenter des risques sanitaires sont à écarter avant toute opération de réemploi ou de recyclage.

L'aspect économique doit être considéré par ailleurs. Cependant, le coût d'acquisition de la donnée si celle-ci n'a pas été capitalisée doit être considéré. Compte tenu de l'émergence récente de ces notions de valorisation, il est difficile d'en tirer des modèles économiques robustes qui puissent être projetés dans plusieurs décennies. D'autant que les acteurs qui vont bénéficier de la valorisation (réemploi, recyclage) ne sont pas ceux qui investissent au départ (leviers d'incitation à envisager).

SYNTHÈSE

Cette partie vient notamment proposer (tableau 4) une série de critères pour hiérarchiser l'importance d'une information au regard de l'économie circulaire, ainsi qu'une liste de données à capitaliser pour favoriser le réemploi ultérieur d'éléments structuraux en béton ou en acier (tableau 2).

Au-delà des cadres normatifs existants et d'une méthodologie de capitalisation de la donnée déjà générée qu'il faut davantage maîtriser, de nouvelles données spécifiques à l'économie circulaire doivent être générées.

- Les supports de la donnée doit être sécurisés et multipliés : DOE papier et numérique, maquette numérique BIM, traçabilité physique sur les éléments (marquage, QR Code, RFID), centralisation des données sur une base de données nationale (banque de matériaux en flux tendus)
- Les conséquences environnementales et juridiques doivent être connues de l'ensemble des acteurs. Les objectifs fixés dans la loi doivent servir d'accélérateurs de la transition dans la construction.
- La qualité et la valeur de la donnée doivent permettre d'établir une hiérarchie pour prioriser la capitalisation de la donnée (les éléments de structure). La sécurité et la santé de tous sont primordiales et les matériaux à risque sont écartés vers un traitement spécifique.

Ces recommandations théoriques doivent maintenant être traduites en actions concrètes, notamment pour une appropriation de ce travail de recherche par l'ensemble des décideurs.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

6.

Recommanda- tions pratiques



Cette partie a pour but de proposer, de façon concrète, les moyens d'actions de chacun des acteurs de la chaîne qui doivent être force de proposition pour la mise en place d'une économie circulaire et en premiers lieux, les décideurs.

6.1. Accompagnement des besoins clients / MOA

6.1.1. PIÈCES CONTRACTUELLES, DÉMARRAGE D'UN PROJET

6.1.1.1. CAHIER DES CHARGES BIM

Le Cahier des Charges BIM de l'opération est le document précisant les exigences et objectifs des intervenants successifs du projet, y compris celles indiquées dans la charte BIM du maître d'ouvrage. C'est donc le principal outil BIM pour transmettre les demandes du MOA. Il constitue le volet BIM du programme. Ce document doit être contractualisé pour un projet spécifié. Le maître d'ouvrage peut s'entourer d'un AMO BIM, BIM Manager, pour rédiger ce document.

D'après l'analyse des maquettes numériques et des retours d'expérience, nous avons identifié des aspects à intégrer dans les cahiers de charges BIM, afin d'améliorer le processus de programmation, conception, construction et exploitation en BIM.

Questions générales à intégrer :

- La formation de tous les intervenants et pas seulement des modeleurs : il est important que tous les intervenants du projet, au-delà des dessinateurs, soient impliqués dans la question de la traçabilité des données et le renseignement des informations.
- La programmation doit intégrer les enjeux d'exploitation et la maîtrise d'ouvrage doit orienter le projet avec des objectifs BIM clairs dès le démarrage du projet. L'identification des enjeux dès les phases de conception et programmation de tous les acteurs du projet est nécessaire. (MOE, exploitant, BE Environnement, etc.)
- Il est nécessaire de mettre en place une démarche coopérative avec la mutualisation des enjeux. Tous les acteurs doivent respecter, intégrer et faciliter la mise à disposition des informations nécessaires pour le reste des intervenants.

Questions particulières liées à l'économie circulaire à intégrer :

- D'après l'analyse de maquettes, à la suite du cas test de la poutrelle, il nous semble important de donner plus d'importance au renseignement des informations des matériaux du bâtiment, par défaut, même si ce n'est pas toujours intégré dans le cahier de charges BIM. Il faut assurer que pendant la réception du DOE tous les matériaux ont au minimum leurs caractéristiques physiques, thermiques, environnementales.
- Il faut mettre en place un commissionnement du niveau d'information. Ce commissionnement peut s'agir d'une mission complémentaire ou bien une mission assignée au BIM Manager depuis le début de son contrat. Cette mission porte sur la vérification du niveau d'information des éléments finaux dans la maquette, en cohérence avec les pièces écrites. Au cours du chantier les éléments et les informations peuvent changer plusieurs fois, et il s'agit du moment le plus risqué pour la perte des informations. En conséquence, une vérification du renseignement devient nécessaire en vue de toute démarche d'économie circulaire.
- Il faut éviter d'intégrer dans la maquette des éléments téléchargés d'internet, avec les propriétés différentes de celles du projet. Dans le cas où cette manipulation devient nécessaire, l'objet doit être nettoyé de toutes les informations du fabricant et adaptés aux caractéristiques du projet.



Le cahier des charges BIM peut accélérer la montée en compétences BIM des intervenants. Dans l'optique de favoriser une économie circulaire, le cahier des charges peut élever et préciser le niveau LOIN (*Level of Information Need* : niveau des besoins d'information) attendu pour générer les informations relatives aux impacts environnementaux, à la réemployabilité et au recyclage. Il peut également engager un processus de transmissions des données en imposant une classification commune en conception, en exploitation et fin de vie mais aussi des systèmes de traçabilité complémentaires.

6.1.1.1. CONVENTION BIM

La convention BIM d'un projet est le document permettant de répondre opérationnellement au cahier des charges BIM du maître d'ouvrage. La convention BIM de l'opération décrit les méthodes organisationnelles, de représentation graphique, de gestion et de transfert des données du projet, ainsi que les processus, les modèles, les utilisations, le rôle de chaque intervenant, et l'environnement collaboratif du BIM. A chaque étape du cycle de vie du projet, la convention évolue et s'adapte aux nouveaux acteurs, aux usages nouveaux ou à des nécessités du projet.

La convention BIM peut préciser les exigences en termes de LOIN concernant la 6D du BIM ou encore les modalités d'échanges des fichiers afin de rendre davantage compatibles les transmissions à court terme mais aussi à long terme. La convention BIM est souvent rédigée par un AMO BIM, BIM Manager.

6.1.1.1. CHARTE BIM

La Charte BIM est un document générique élaboré par le maître d'ouvrage, pour l'ensemble des projets d'une société. Elle recense notamment les exigences et les objectifs à satisfaire pour que le processus BIM des opérations puisse alimenter le processus exploitation maintenance BIM de son patrimoine. Ce document peut être contractualisé ou non pour un projet spécifié. Le maître d'ouvrage peut s'entourer d'un AMO BIM, BIM Manager pour rédiger ce document.

La Charte BIM peut être l'occasion de préciser un cadre méthodologique pour encourager la prise en compte de l'économie circulaire et maximiser la déclaration et le suivi d'informations relatives aux impacts environnementaux, à la réemployabilité et au recyclage. Elle est particulièrement intéressante pour un propriétaire/ gestionnaire d'actifs qui souhaiterait gérer son propre gisement de matériaux et suivre son évolution pendant la durée de vie jusqu'à déconstruction puis réemploi ou recyclage.

6.1.1.1. LES LIVRABLES :

MAQUETTE NUMÉRIQUE DOE, MAQUETTE NUMÉRIQUE DEM

Le client peut exiger un certain nombre de livrables. Dans la pratique, pour le BIM, des maquettes numériques DOE d'une part et DEM d'autre part sont attendues. Le client peut anticiper, via ses pièces contractuelles, la bonne compatibilité entre ces livrables, voire la transmission entre les acteurs ou l'archivage sur ses propres serveurs.

Plusieurs types de missions BIM sont apparues ces dernières années pour accompagner la bonne réalisation des livrables :

- Mission en phase de conception (revue de maquettes, conflits interdisciplinaires, présynthèse) ;
- Mission en phase d'études d'exécution visant à intégrer, au fur-et-à-mesure de la production des plans d'exécution par les entreprises, une maquette numérique d'exécution (synthèse) ;
- Mission de récolement visant à assurer la cohérence entre la maquette d'étude d'exécution et les modifications opérées en phase d'exécution (synthèse de fin d'exécution, dossier des ouvrages exécutés (DOE), dossier d'intervention ultérieure sur ouvrage (DIUO)) ;
- Mission pour la phase de maintenance (maquette pour l'exploitant, dossier d'exploitation maintenance (DEM)).

Bien que dans la pratique, ces livrables ne sont pas systématiquement demandés et démontrent une maîtrise encore balbutiante des intervenants. Une maquette numérique pour la fin de vie serait



également souhaitable. Des missions complémentaires correspondant à ces missions en fin de vie pourraient donc être mises en place.

6.1.2. BESOINS EN EXPLOITATION

Les besoins en exploitation ont été abordés précédemment en partie 3.3.4, via le travail de l'association Circolab. Une partie de ces besoins peut être satisfaite via les missions complémentaires évoquées en partie 6.1, mais une transmission renforcée doit être réalisée entre l'équipe de conception et exécution et l'équipe d'exploitation.

Cette passation peut faire l'objet d'une mission avec un commissionnement de l'information. Le rôle des facility managers ou des asset managers est crucial pour assurer la mise à jour des données (entretien, modifications de l'ouvrage) et obtenir des informations correctes en fin de vie. Ces rôles devront être augmentés d'une compétence BIM et environnementale pour bien intégrer les enjeux de l'économie circulaire. Pour la maintenance, l'enjeu est également de trouver des pièces de rechanges au maximum sur le marché du réemploi. En fin de vie, leur mission peut consister à faire le lien avec les plateformes de réemploi ou la banque de matériaux pour établir la meilleure valorisation possible.

La profession doit également, en parallèle, se doter de nouveaux outils qui amélioreront l'interopérabilité.

6.1.3. SYSTÈMES DE TRAÇABILITÉ, À METTRE EN PLACE PENDANT L'EXÉCUTION

Les transmissions entre les intervenants entraînent une perte importante d'informations. Afin de garantir et pérenniser l'information, des systèmes de traçabilité doivent être mis en œuvre en complément d'une maquette numérique BIM ou d'un archivage de documents techniques. Cette traçabilité dépend principalement des fabricants qui sont à même de la mettre en place. La multiplication des systèmes permet de renforcer la sécurité du stockage de l'information et facilite l'accès à la data pour les différents intervenants.

L'identification des éléments physiques d'une construction est le moyen pour les relier à leurs descriptifs numériques (avatars) au sein de la maquette BIM. Cependant, si cette relation est assurée entre l'élément physique et son avatar, encore faut-il être capable de poursuivre la traçabilité des données jusqu'aux producteurs des composants. Deux voies seraient possibles :

- toutes les données sont embarquées dans la maquette BIM avec l'inconvénient de surcharge de données et d'inutilité en phase d'exploitation-maintenance ;
- les données sont reliées à la maquette via des bases conservées (bases du fabricant, base INIES, ...) mais non transmises.

Le frein à la capitalisation de la donnée n'est pas technologique mais méthodologique. Il faudrait donc, pour garantir la capitalisation des données, qu'il existe parallèlement un système de relation entre la maquette elle-même et les univers extérieurs (principe de blockchain par exemple).

6.1.3.1. MARQUAGE, QR CODES, ÉTIQUETTES

Des codes et des codes à barres collés sur la surface des éléments sont des solutions de traçabilité accessibles qui engagent peu de coûts et de technologie. Ils doivent cependant être reliés à un système de bases de données, lié si possible au modèle BIM. Le système d'étiquettes collées pose cependant la question des limites de la pérennité de la solution : l'étiquette peut se décoller ou être recouverte par la finition (peinture, enduit...).

Le QR code fonctionne sur le même principe sauf que le système de codage n'est plus le code barre mais le carré QR code. Il renvoie vers des données stockées sur un cloud. Son utilisation est très facile depuis un smartphone.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Ces systèmes de codes peuvent faire l'objet d'une gravure dans la matière (marquage à l'encre, gravage laser, poinçonnage, plaquette sertie...). Ils peuvent alors autoriser la pose d'une peinture peu épaisse. Par ailleurs les recherches sur le nano marquage ou la nano gravure peuvent déboucher sur des applications pour les matériaux de construction, sans altérer l'esthétique d'un élément, ni risquer de perturber sa recyclabilité. Ils peuvent être intéressants pour des matériaux du second œuvre accessibles et visibles. Les éléments du gros œuvre ou certains équipements seront moins compatibles avec ce genre de technologie.

A noter que ces techniques ne sont pas toutes nouvelles. En effet le marquage existe déjà depuis longtemps chez certains fabricants, par exemple pour les dalles de faux plafonds, moquettes, plaques fibrociments, les vitrages, les équipements techniques, et même des gravures sur certaines poutrelles acier. Ces indications sont très utiles aujourd'hui lors d'un diagnostic ou d'une déconstruction car elles permettent d'identifier directement le matériau ou matériel. Elles sont pérennes car indiquées sur les faces non vues et assez petites pour ne pas avoir un impact sur la qualité esthétique de l'élément.

6.1.3.2. SYSTÈMES PASSIFS : PUCES RFID

Une réelle garantie d'un produit pourrait le suivre pendant toute la durée de sa vie, de ses vies. On peut imaginer d'introduire une puce, un composant, une carte d'identité dans le matériau préfabriqué. La technologie de puces RFID (par radio identification) s'adapte désormais aux matériaux de construction. Ainsi à chacune de ses déconstructions, le matériau conserverait ses capacités structurelles initiales, l'information technique voyagerait avec lui. Les puces RFID peuvent être incorporées à l'intérieur des composants (béton, bois) ou fixées à ceux-ci.

Il existe actuellement trois types d'étiquettes RFID disponibles : passive ; semi-passive ; et étiquettes RFID actives. Les étiquettes actives, du fait qu'elles possèdent leur source d'alimentation, ont une plage de lecture-écriture supérieure (5 à 30m) à celle des étiquettes passives (plage de lecture-écriture de moins de 2 m de long), mais sont plus chères que les étiquettes passives en raison de coûts de matériel et de fabrication plus élevés. En tant que telles, les étiquettes actives sont généralement appliquées dans des zones spécialisées où les coûts plus élevés et le niveau de détail des informations stockées sont justifiés (par exemple, pour localiser des actifs importants). Les étiquettes passives en raison de leur simplicité, leur adaptabilité et leur résistance aux environnements difficiles ont un grand nombre d'applications génériques dans une variété d'industries et de secteurs.

Les puces peuvent donc contenir un texte limité incorruptible et permettre l'intégrité de la donnée mais elles peuvent aussi renvoyer vers une base contenant une infinité de données.

En outre, rien ne garantit que les étiquettes RFID continueront à fonctionner après 20 ans d'utilisation, mais il est toutefois certain que les informations relatives aux propriétés d'un composant sont capturées périodiquement / ponctuellement, ce qui peut conférer une certaine confiance quant à leur utilisation. Les fabricants de ces puces RFID sont très confiants sur la grande durabilité de leur produit (potentiellement infinie). Les métaux (par exemple le cuivre, l'aluminium, le nickel, l'or, etc.) et le plastique, dont la présence peut être attendue dans des étiquettes RFID, peuvent être un perturbateur au recyclage et dégrader la qualité des MPiR. Par exemple, le cuivre présent dans les étiquettes RFID peut contaminer le processus de recyclage de certains produits et nuire à la qualité des matériaux issus du recyclage.

Par exemple, la start-up « 360 Smart connect » prévoit l'incorporation de puces RFID dans le béton avant ou pendant sa mise en œuvre. La puce RFID est autonome, potentiellement immortelle et l'énergie nécessaire à sa lecture est apportée par le lecteur. Les informations sont hébergées numériquement à distance. Ce béton connecté grâce au système NFC, permet :

- Une traçabilité intelligente : directement par smartphone grâce au système NFC
- Un porte-documents dématérialisé : relier l'ouvrage à ses documents
- Une réception, transfert de propriété au client
- Une balise reliant la pièce physique à l'élément fini de la maquette numérique
- Une maintenance : prendre les consignes et prouver le passage.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

6.1.3.3. SYSTÈMES ACTIFS :

CAPTEURS, IOT

Au-delà de l'intérêt démontré pour faciliter l'exploitation et la maîtrise de la consommation d'énergie des bâtiments, le *monitoring* présente un potentiel pour la préservation des matériaux, le suivi de leur état et vieillissement et aider à la qualification des performances résiduelles en fin de vie, éventuellement en vue d'un réemploi. L'intégration de données de capteurs dans le modèle BIM devrait aussi contribuer à comporter un GPS et une capacité de localisation.

Un autre domaine de recherche concerne les types de Blockchains : «Blockchains publics», «Blockchains privés» ou «Blockchains hybrides». Un potentiel de la blockchain est d'héberger un modèle BIM garantissant l'absence de perte d'informations, mais il existe actuellement une offre limitée de solutions basées sur les blockchains.

6.1.3.4. TABLEAU SYNTHÈSE

DE TRANSMISSION DE LA DONNÉE

Afin de créer un cadre de partage pour tous et aider les acteurs à s'approprier l'objectif de transmission de la donnée, nous proposons un outil de synthèse pour contrôler la donnée produite. Il s'agit pour chaque catégorie d'acteurs : industrie/fabricant, concepteur/MOE/entreprise, exploitant/MOA, déconstructeur/plateforme de réemploi, industrie de valorisation, d'indiquer les données :

- qu'il a produites (génération)
- qu'il a utilisées (utilisation)
- auxquelles il a un accès mais qu'il n'utilise pas (accès)

Ensuite la transmission ou la non-transmission de chacune de ces données entre chaque catégorie d'acteurs doit être signalée clairement dans les colonnes « Transmission » (oui ou non). Cet outil dont un aperçu est donné en Figure 19 est donné en annexes. Il pourra être déployé pour chaque projet intéressé.

		Industrie / fabricant		Concepteur/ MOE/entreprise				Exploitant/ MOA			Déconstructeur/ Plateforme réemploi				Industrie/ Valorisation					
		Générateurs		Utilisateurs/ Générateurs/ Contrôleurs				Gestionnaires/ Exploitants			Utilisateurs/ Générateurs				Générateurs/ exploitants					
		Industrie / fabricant			Concepteur/MOE/entreprise				Exploitant/MOA			Déconstructeur/plateforme (ré-emploi avec caract.)				Industrie/ Valorisation (recyclage)				
		Génération	Utilisation	Accès	Transmission		Génération	Utilisation	Accès	Transmission		Génération	Utilisation	Accès	Transmission		Génération	Utilisation	Accès	
					oui	non				oui	non				oui	non				
Données	Proposé de surcoût d'un sous-produit	X			X			X	X								X			X
	Statut développé par tiers de	X	X					X	X	X										
	Type de finition de surface de l'acier	X						X	X	X										X
	Date fabrication	X						X	X	X				X						
	Résistance de l'acier	X						X	X	X										X
Second œuvre	Norme produit		X					X	X	X			X							X
	Date de départ/réception/œuvre						X			X				X						X
	ATE et procédures expérimentales	X					X			X										X
	IT (logiciels, outils, données, données, caractéristiques)	X						X		X										X
	Plans d'exécution / notes de calcul / conditions de mise en œuvre / plans de repérage / descriptifs						X			X					X					
Pièces contractuelles	Convention BIM					X														X
	Cahier des charges BIM					X														X
	Cahier des charges fabricants	X								X										X
	Dictionnaire					X														X
							X													X
Supports numériques	Maquette BIM DCE					X				X							X			X
	Maquette BIM DEM					X				X							X			X
	Fichier IFC					X				X							X			X
	Pluces RFID									X							X			X
	Capteurs									X							X			X
Travaux - Entretien	Entretien - Peinture - anticorrosion								X			X	X	X			X			X
	Travaux - Peinture - anticorrosion								X			X	X	X			X			X
	Entretien - Peinture - anticorrosion (sécurité incendie, produits)								X			X	X	X			X			X
	Conditions d'utilisation / sinistres								X			X	X	X			X			X
	Designation normalisée	X																		X
Revue / Contrôle	Designation symbolique	X																		X
	Norme de production de	X														X	X	X		X
	Code catalogue réemploi des matériaux																			X
	Transformation de la matière							X	X											X
	FDI (avec norme afférente) / composition / traçage / composition de	X			X				X	X					X					
Enviro		X				X														
		X				X														

Figure 19 : Tableau synthèse de transmission de la donnée.



6.2. Améliorations structurelles, poursuite du travail normatif

6.2.1. SYSTÈME DE CLASSIFICATION

Des évolutions sont souhaitées dans les prochaines versions de classification pour mieux intégrer les enjeux d'économie circulaire dans le bâtiment. Il est attendu que les projets utilisent davantage les systèmes de classification afin de constituer un retour d'expérience plus significatif.

6.2.2. IFC

Des évolutions sont souhaitées dans les prochaines versions d'IFC pour mieux intégrer les enjeux d'économie circulaire dans le bâtiment.

L'IFC 4 est aujourd'hui opérationnel. L'implémentation de IFC5 est formalisée et était programmée pour fin 2020, mais les critères environnementaux en vue d'une économie circulaire n'y sont pas abordés.

6.2.3. MAPPAGE IFC

Afin de permettre une traçabilité des données il faut s'assurer que les modèles soient exportables dans le format d'interopérabilité OPENBIM, c'est-à-dire s'assurer que tous les paramètres et objets sont bien exportés dans ce format. Pour ce faire le BIM Manager, pendant l'analyse de maquettes, doit vérifier que toutes les *IFC Classes* ont été intégrées dans tous les éléments et qu'il n'y a pas de « *IfcBuildingElementProxy* » (éléments sans identifiant).

La solution commerciale « *Autodesk Classification Manager for Revit (ACMFR)* » est un outil qui permet d'ajouter cette classification IFC aux différents éléments. Il s'agit d'un plugin gratuit à télécharger qui fait partie du pack Autodesk BIM *Interoperability Tools*. Cet outil va créer automatiquement dans le fichier, le paramètre *IFC EXPORT AS*, nécessaire pour exporter les classes IFC. Dans l'exemple illustré en Figure 20 nous avons sélectionné une courbure de chemin de câbles et l'outil nous propose une liste d'options qui correspondent à la classe d'IFC *IfcCableCarrier*. Il suffit de sélectionner le bon intitulé et de l'assigner à l'objet. Automatiquement l'outil va créer le paramètre dans tous les éléments de ce type avec la classe renseignée.

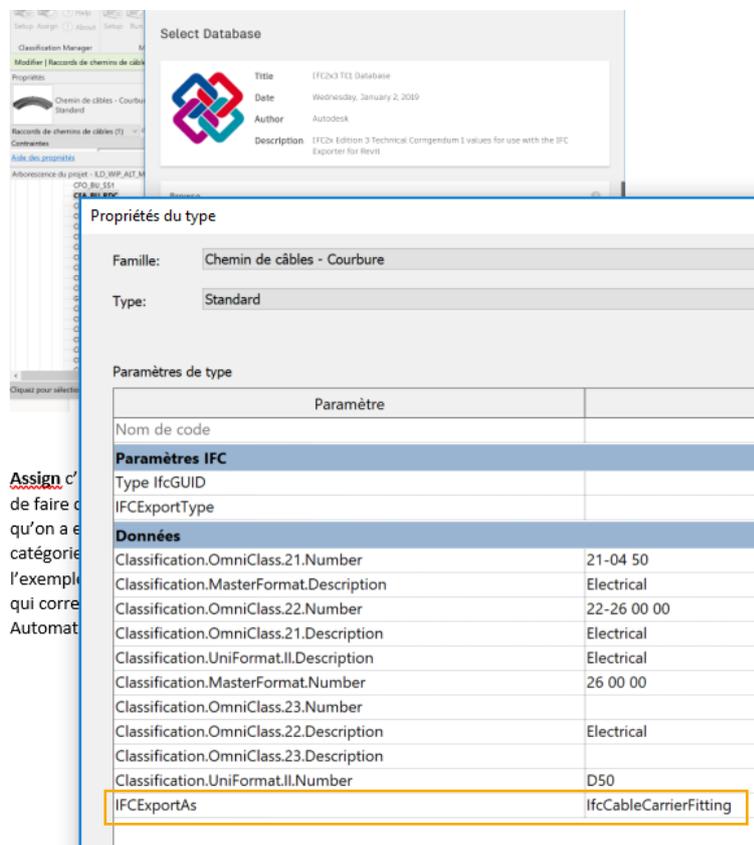
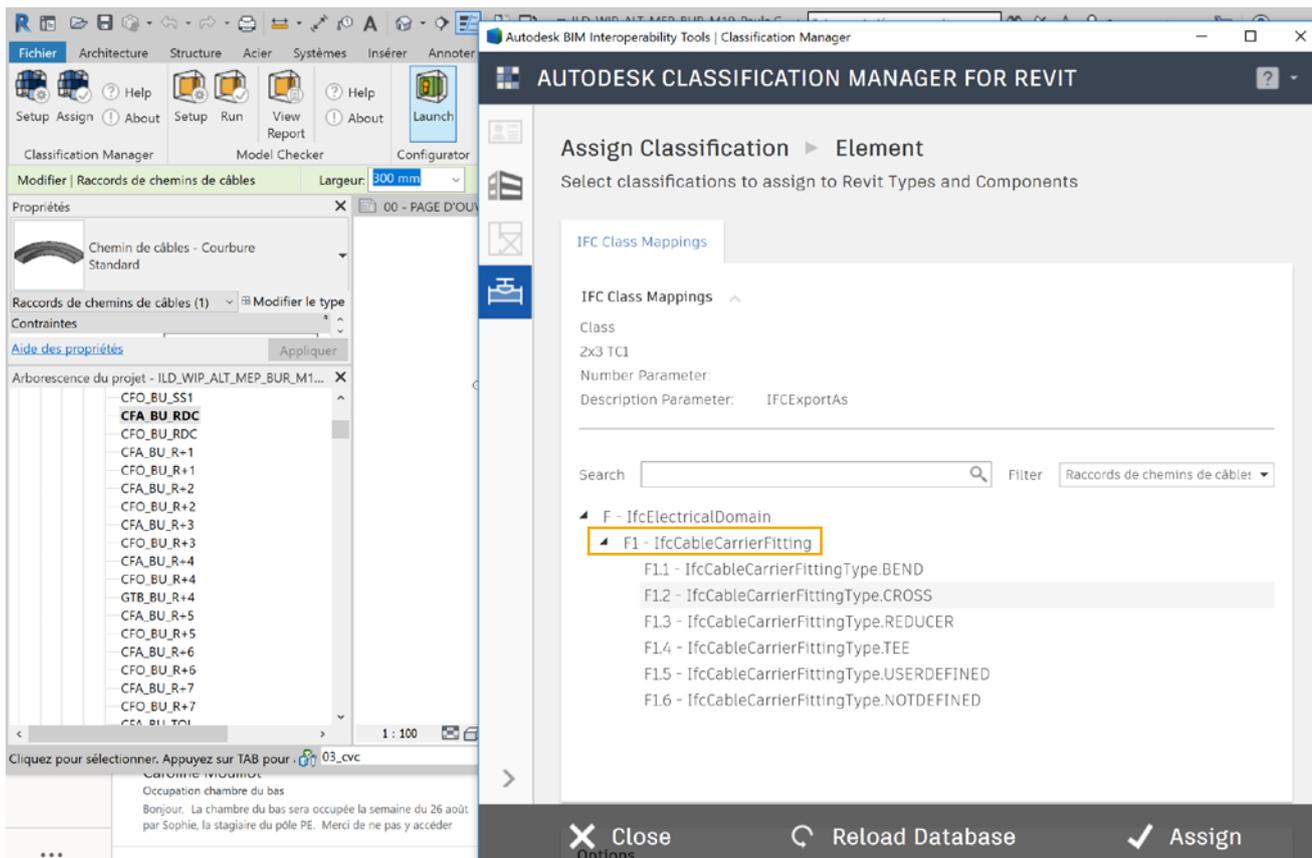


Figure 20 : Captures d'écran de l'attribution de classe IFC sur le logiciel BIM, (© P. Gordo Gregorio, ALTO).

Il sera ainsi possible de sélectionner les classes à exporter, à partir de :
Fichier->Exporter->Options->Options IFC.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

6.2.4. DICTIONNAIRE

Des évolutions sont souhaitées dans les prochaines versions de dictionnaire pour mieux intégrer les enjeux d'économie circulaire dans le bâtiment. Il est notamment souhaitable que les dictionnaires prennent en compte la nomenclature proposée partie 5.3.

SYNTHÈSE

Les leviers d'actions des acteurs de la construction se répartissent autour de :

- Montée en compétences BIM et économie circulaire (connaissance des enjeux de l'économie circulaire, de l'environnement BIM, des impacts environnementaux matière).
- Pièces contractuelles pour les objectifs à porter par la MOA : charte BIM, cahier des charges BIM, convention BIM, livrables comme le DOE numérique, le DEM numérique qui permettent de fixer les niveaux d'exigence en vue d'une économie circulaire.
- Nouvelles missions complémentaires : accompagnement d'un spécialiste BIM et environnement pour préciser le niveau LOIN, commissionnement du niveau d'information (en phase conception et en phase exploitation), revue de maquette BIM (conception), synthèse BIM (exécution), récolement BIM DOE (livraison), réalisation de maquette DEM (pour l'exploitation).
- Mise en place de technologies avec services associés : marquage, QR codes, étiquettes, puces RFID, capteurs, IoT (données à sécuriser, accès à faciliter).
- Poursuite des travaux d'harmonisation sur les propriétés à conserver pour favoriser la valorisation en fin de premier cycle, et intégration de ces travaux dans les travaux en cours autour de la normalisation des objets BIM.

En parallèle, l'effort de normalisation et de développements d'outils et de solutions logicielles pour permettre de répondre aux besoins numériques doit se poursuivre en accompagnement des acteurs opérationnels sur les projets.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

7.

Annexes

7.1. Responsabilité partagée du déchet

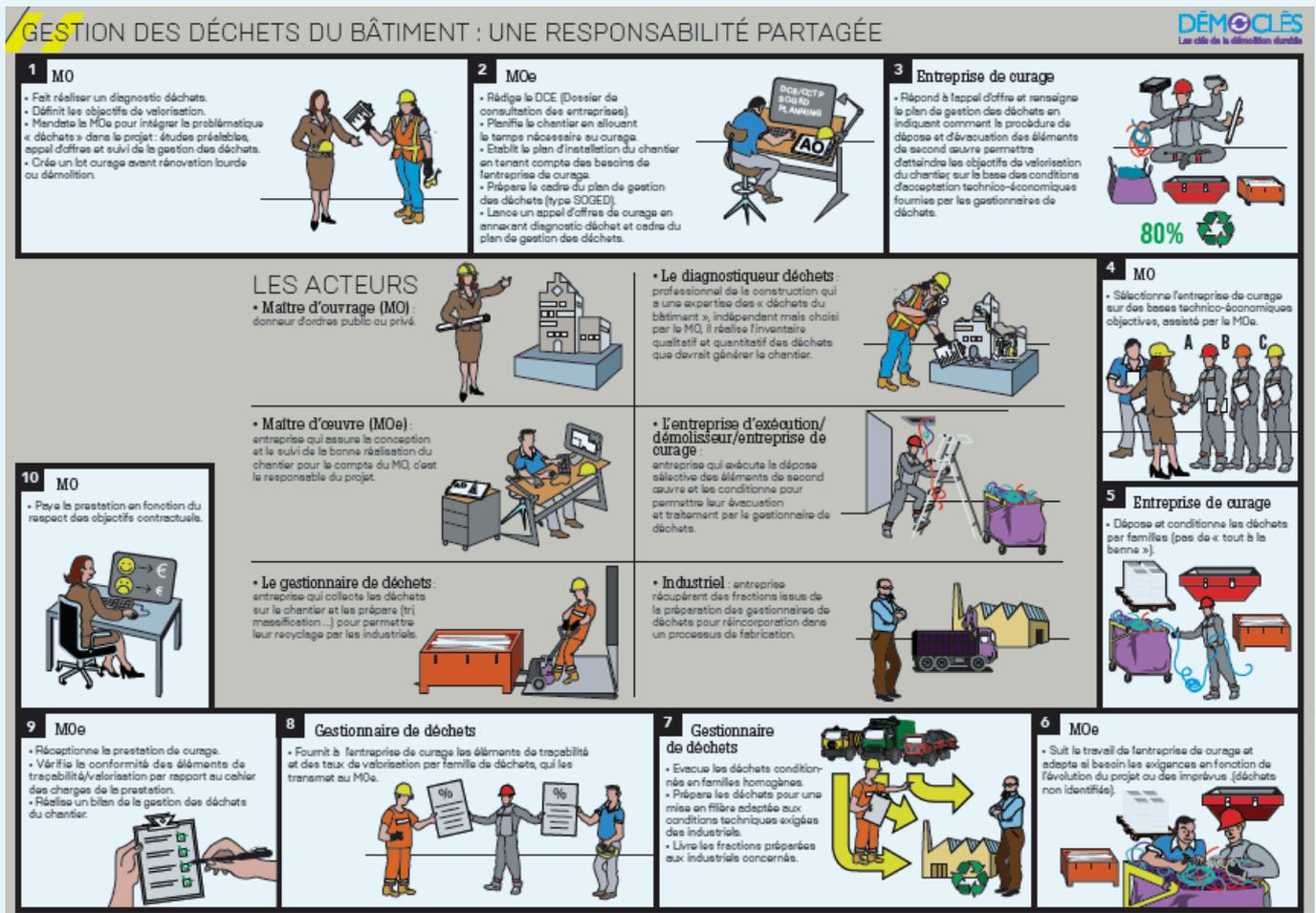


Figure 21 : Responsabilités des déchets, (© Democles)

7.2. Classification internationale de données, travaux de normalisation

7.2.1. L'ORIGINE DE LA CLASSIFICATION

Les systèmes de classifications existent depuis les années 50. Le CSI aux Etats Unis (*Construction Specifications Institute*) a été fondé après la seconde guerre mondiale en 1948 pour faire face à la complexification des processus de construction qui deviennent de plus en plus détaillés, avec des nouveaux matériaux, des nouvelles technologies, etc.¹ Des organismes similaires ont été créés dans d'autres pays pour essayer de développer le meilleur système.

1 Mark Kalin, Robert S. Weygant, Harold J. Rosen, John R. Regener (2011) « Construction specifications writing: principles and procedures » Wiley.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

L'organisation ISO apparait en 1947 avec l'enjeu de développer les normes internationales et communes dans le commerce et l'industrie. La création de systèmes de classifications des données du bâtiment est une démarche qu'accompagnent les grands processus de standardisation qui se développent dans plusieurs disciplines différentes. L'organisation de l'information du bâtiment et son traitement deviennent pendant le XXe siècle, un moyen d'obtenir des économies dans la construction et de mettre en place un processus de qualité.

7.2.2. IMPLICATION DE LA FRANCE DANS L'ORGANISATION DES TRAVAUX DE NORMALISATION

Les travaux de normalisation à l'échelle internationale ont débuté en 1987 au sein de la structure technique internationale ISO/TC 59/SC 13 «Organisation de l'information concernant les travaux de construction» et l'organisme norvégien de normalisation Standards Norway en assure le secrétariat. La France y a d'abord participé en tant que membre observateur avant de s'y impliquer activement en 2014 pour pouvoir influencer le développement des travaux internationaux.

En effet, les normes ISO sous accord de Vienne sont obligatoirement adoptées par les membres CEN (Comité européen de normalisation) et seront donc largement diffusées en Europe ainsi que mobilisables dans les marchés français et européens. Il apparaissait donc indispensable que la France s'implique dès le démarrage des projets internationaux pour anticiper leur possible reprise en normes européennes.

L'activité de l'ISO/TC 59/SC 13 s'est renforcée en 2016 et le Royaume-Uni s'est particulièrement investi au sein de ce sous-comité en obtenant notamment l'animation et le secrétariat de plusieurs groupes de travail ainsi que la création et l'animation d'un groupe en charge d'établir la feuille de route du sous-comité

Le patrimoine normatif et les projets en cours de développement de l'ISO/TC 59/SC 13 sont disponibles en annexe. L'ISO/TC 59/SC 13 se réunit annuellement de façon concomitante avec building Smart International, consortium professionnel qui a produit les référentiels qui sont à l'origine des grandes normes ISO du domaine. Building Smart International a un statut d'organisme en liaison auprès de l'ISO/TC 59/SC 13.

En 2015, sur la base des travaux d'un groupe de travail européen (CEN/BT/WG 215 «Modélisation de l'information dans la construction», le Bureau technique du CEN a créé le comité technique 442 (CEN/TC 442) «Building Information Modelling BIM» dont le secrétariat a été affecté à Standards Norway.

La CN PPBIM s'est alors positionnée en tant que structure miroir de ce comité technique européen. L'implication et les contributions fournies par les membres de la commission CN PPBIM lors de l'élaboration des documents ont permis de positionner la France comme un acteur incontournable du domaine avec notamment la Norvège, l'Allemagne et le Royaume-Uni. La France y assure aujourd'hui l'animation et le secrétariat de deux groupes de travail et son influence y est grandissante. Le programme de travail et le patrimoine normatif du CEN/TC 442 est en annexe du document.

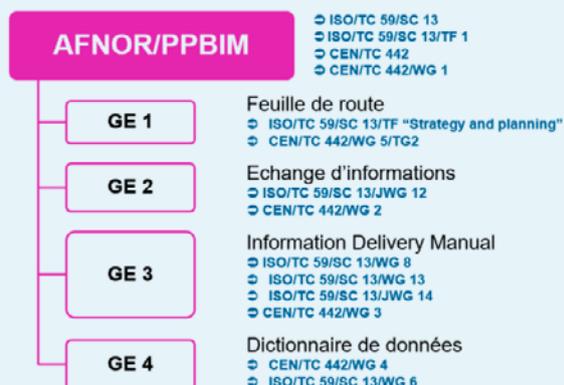
Bien que quelques grandes normes du domaine, telles que la norme IFC (ISO 16739), soient publiées, les perspectives de développement normatif pour ce domaine en cours de structuration restent importantes tant au niveau français qu'europpéen ou international.

En France, l'intérêt des autorités pour la maquette numérique dans la construction s'est traduit de 2015 à 2018 par le lancement du Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment. La normalisation y a été reconnue comme un des enjeux clés de l'implémentation du BIM dans le domaine de la construction.

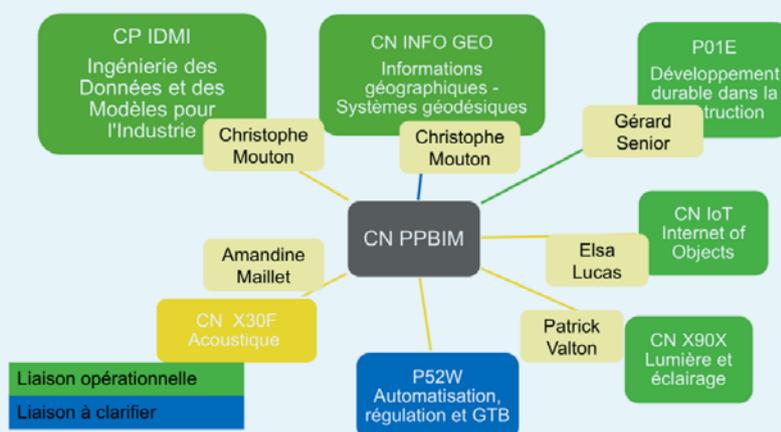


ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Structures nationales



7.2.2.1. LIAISONS CN PPBIM



Projets français AFNOR/PPBIM

XP P07-150 (Norme expérimentale)	Propriétés des produits et systèmes utilisés en construction - Définition des propriétés, méthodologie de création et de gestion des propriétés dans un référentiel harmonisé	Publiée en 2014	GE 4
-------------------------------------	---	-----------------	-------------

Annexe 4 - Liste des normes publiées

N° Projet	Année de publication	
XP P07-150	2014	Propriétés des produits et systèmes utilisés en construction - Définition des propriétés, méthodologie de création et de gestion des propriétés dans un référentiel harmonisé

7.2.3. L'ORGANISATION DES TRAVAUX DE NORMALISATION AU NIVEAU EUROPÉEN

En 2018, le CEN/TC 442 a inscrit un nouveau sujet d'étude :

- PWI (Preliminary Work Item) Building Information Modelling (BIM) - Modelling and linking between semantic ontologies (suivi par le GE 4)

Il a activé le développement de cinq projets de normes et d'un rapport technique

- prEN ISO 23386 Building information modelling and other digital processes used in Construction – Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected dictionaries (suivi par le GE 4)



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

- prEN ISO 23387 Product data templates, for products and systems used in construction works, stored in a data dictionary framework - Part 1: General concepts, relations, and general structure of product data templates, and how to link the product data templates to Industry Foundation Classes (IFC) (suivi par le GE 4)
- prEN XXXXX Product data templates, for products and systems used in construction works, stored in a data dictionary framework - Part 2: Specification of Product data templates based on harmonized technical specifications under the Construction Products Regulation (CPR), and how to link the product data templates to Industry Foundation Classes (IFC) (suivi par le GE 4)
- prEN ISO 12006-3 – Révision de la version 2016 - Building construction -- Organization of information about construction works - - Part 3: Framework for object-oriented information (suivi par le GE 4)
- prEN ISO 19650-3 Organization of information about construction works -- Information management using building information modelling -- Part 3:Operational phase of assets (suivi par le GE 3)
- prTR XXXXX Guidance on how to implement EN ISO 19650-1 and -2 in Europe (suivi par le GE 3)

Le CEN/TC 442 WG 3 a démarré en 2018 le développement d'un guide européen d'application des normes EN ISO 19650-1 et -2 (méthodologie de gestion de l'information). La France et la Suisse sont à l'origine et en charge de la rédaction du projet de guide. Ce document vise à faciliter l'implémentation en Europe des normes EN ISO 19650-1/2 sur tous types de projets européens et par tous types d'acteurs, notamment les TPE/PME.

L'activation de ce projet a également permis la réorganisation du WG 3 en quatre Task Groups qui développent les projets suivants:

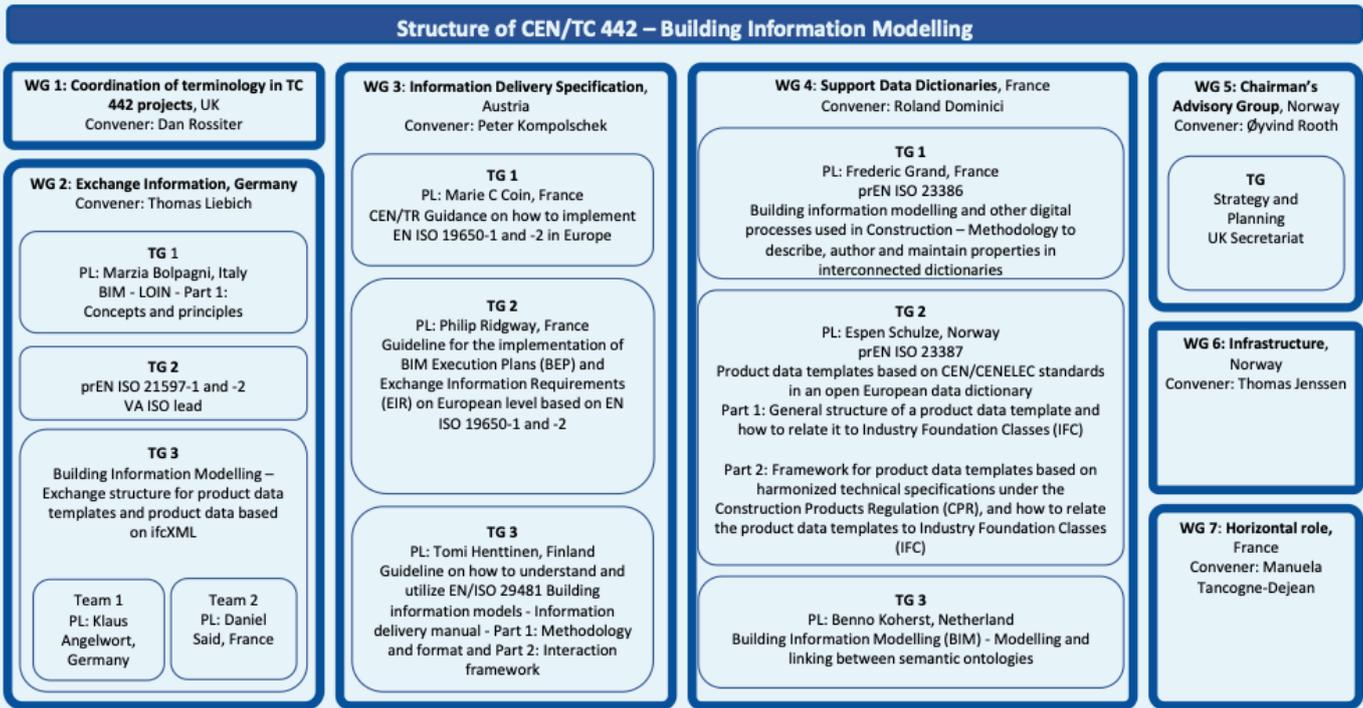
- TG 1 Guide d'implémentation en Europe des EN ISO 19650-1 et 2
- TG 2 Guide d'implémentation d'un BEP (Bim Execution Plan) et d'un EIR (Employer's Information Requirement) en Europe basé sur les EN ISO 19650 partie 1 et 2, ce projet est également sous leadership français.
- TG 3 Guide de compréhension et d'utilisation des normes EN ISO 29481-1 -2 relatives aux IDM (Information Delivery Manual)
- TG 4 Traitant du CDE (Common Data Environment)

Le CEN/TC WG 2 TG1 travaille depuis 2016 au développement d'un projet relatif à la détermination du niveau d'information requis pour les projets et échanges d'information.

Le WG4 a démarré le développement de deux projets relatifs à la structuration des product data templates, l'un dans le cas général, l'autre sous les exigences liées au RPC (Règlement produits de Construction). Enfin, le WG 4 a également inscrit dans son programme de travail un projet préliminaire relatif à la modélisation des ontologies sémantiques.

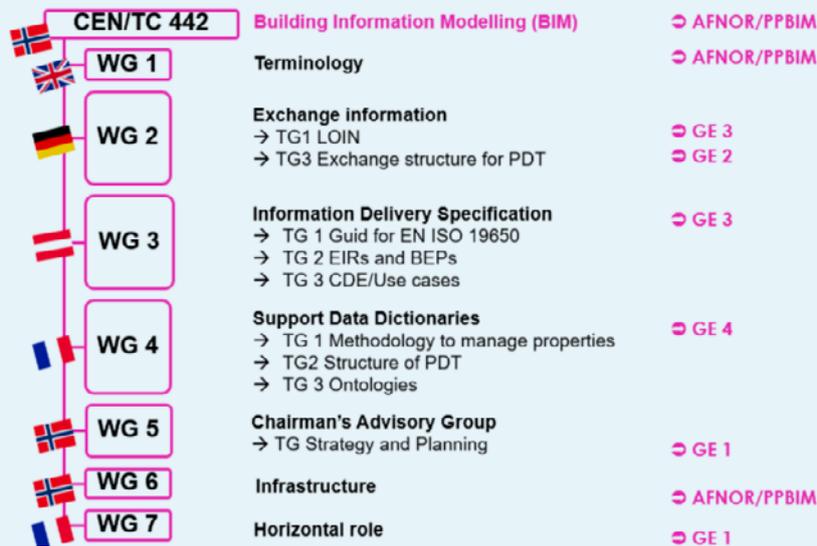
Quant à l'intégration européenne de la CN PPBIM, elle est structurée par quatre groupes d'experts, initialement sur le modèle du CEN/TC 442 :

- GE 1 « Feuille de route », suit les structures: CEN/TC 442 WG 5 TG «Strategy and Planning», CEN/TC 442 WG 7 «Rôle horizontal» et ISO/TC 59/SC 13 TF 02. Ce groupe a également en charge la rédaction de la Feuille de route de la CN PPBIM et le déploiement du rôle horizontal au niveau national.
- GE 2 « Echange d'informations », suit les structures internationales CEN/TC 442/WG 2 «, ISO/TC 59/SC 13/WG 11 et JWG 12. Ce groupe travaille également au développement d'un format d'échange entre la maquette numérique et les catalogues de données.
- GE 3 « Information Delivery Manual » suit les structures internationales CEN/TC 442/WG 3, ISO/TC 59/SC 13/WG 8 et WG 13. Ce groupe a également pour objectif de développer des travaux sur les processus BIM et de les porter dans les structures européennes et ou internationales dans le cadre des développements actuels mais également dans le cadre de proposition de nouveaux sujets d'étude.
- GE 4 « Dictionnaire de données » suit les structures internationales CEN/TC 442/WG 4, ISO/TC 59/SC 13/WG 2. Ce groupe correspond au groupe d'experts ayant développé et porté au niveau CEN et ISO la norme expérimentale XP P07-150 relative à la création et à la gestion de propriétés au sein de dictionnaires interconnectés. Ce groupe est également en charge de proposer de nouveaux sujets d'étude sur ces thématiques.



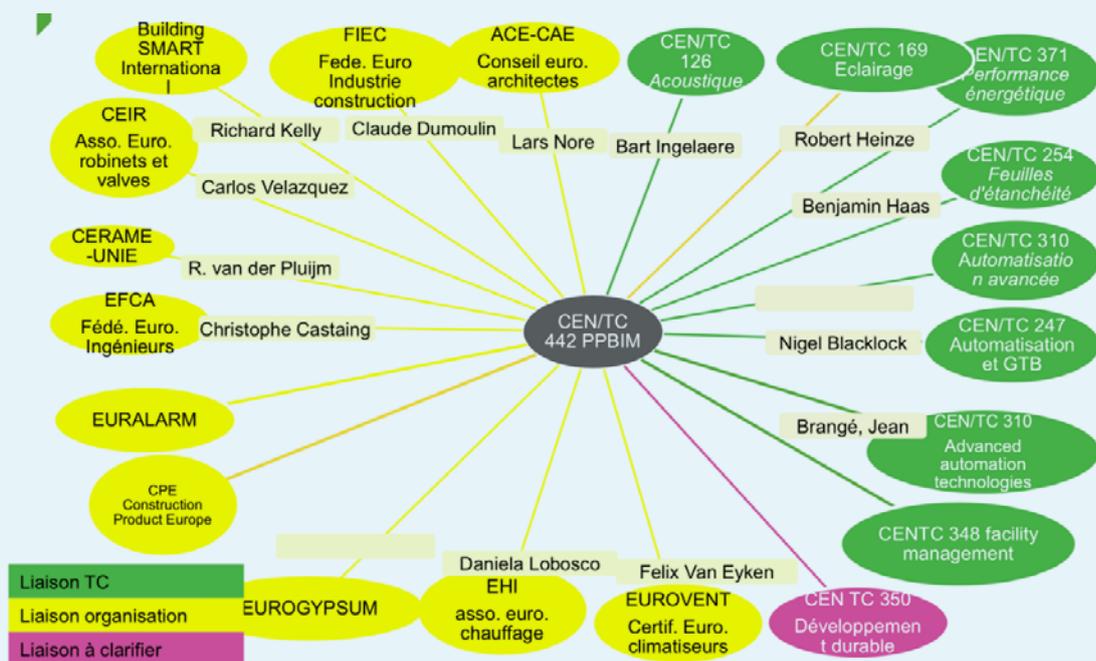
7.2.3.1. GROUPES MIROIRS CEN TC442 ET AFNOR PPBIM

Structures européennes





ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS



Projet ISO, EN ou EN ISO (Accord de Vienne)	N° projet	Titre	Stade	Groupe de travail en charge du projet
CEN/TC 442 Projets EN ISO sous Accords de Vienne avec CEN Lead				
EN ISO (Cen lead)	prEN ISO 23387	Product data templates, for products and systems used in construction works, stored in a data dictionary framework - Part 1: General concepts, relations, and general structure of product data templates, and how to link the product data templates to Industry Foundation Classes (IFC)	En développement (Enquête prévue pour début 2019)	WG 4 (CEN/TC 442)
EN ISO (Cen lead)	prEN ISO 23386	Building information modelling and other digital processes used in Construction " Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected dictionaries	En développement (Enquête prévue début 2019)	WG 4 (CEN/TC 442)
CEN/TC 442 Projets EN				
EN	PWI 00442008	Product data templates based on CEN/CENELEC standards in an open European Data Dictionary - Part 2: Framework for product data templates based on harmonized technical specifications under the Construction Products Regulation (CPR), and how to relate the product data templates to Industry Foundation Classes (IFC)	En développement (Enquête prévue début 2019)	WG 4 (CEN/TC 442)
EN	PWI 00442009	Building Information Modeling – Level of Information Need – Part 1: Concepts and principles	En développement (Enquête prévue début 2019)	WG 2 (CEN/TC 442)
EN	PWI 00442011	Digital information exchange - Definition of activities and transactions – use cases of built assets within a framework of steps of maturity and activities	A l'étude	WG 3 (CEN/TC 442)

7.2.4. L'ORGANISATION DES TRAVAUX DE NORMALISATION AU NIVEAU INTERNATIONAL, AL'ISO/TC 59/SC 13

L'ISO/TC 59/SC 13 est actuellement composé de 27 pays membres P (participants) et 15 pays membres O (observateurs), détail des pays membre en annexe.

En 2018, l'ISO/TC 59/SC 13 se sera réuni une fois (Beijing Octobre 2018) et a été marqué par la création en son sein d'un nouveau groupe de travail joint avec l'ISO TC 211 portant sur l'interopérabilité SIG et BIM. Le sous-comité a également vu son titre évoluer passant de "Organization of Information about construction works" à "Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building information modelling (BIM)".



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

En 2018, l'ISO/TC 59/SC 13 a activé le développement de quatre projets de normes et d'un rapport technique :

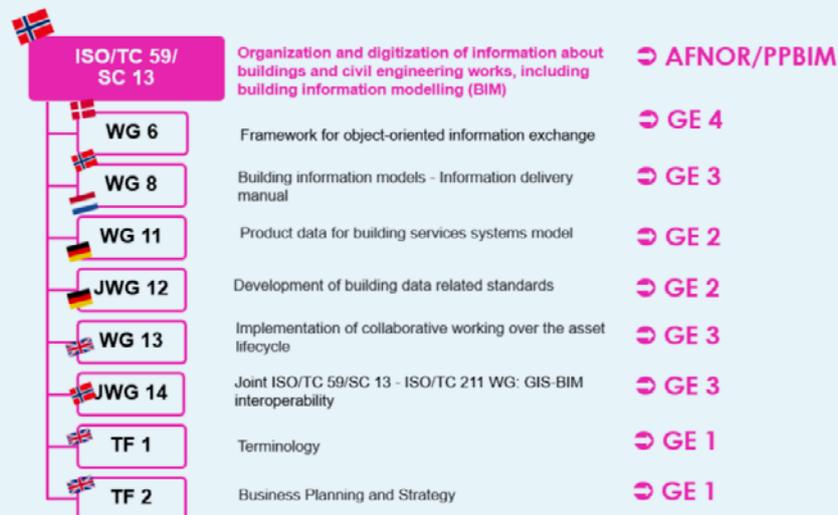
- prEN ISO 23386 Building information modelling and other digital processes used in Construction – Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected dictionaries (suivi par le GE 4)
- prEN ISO 23387 Product data templates, for products and systems used in construction works, stored in a data dictionary framework - Part 1: General concepts, relations, and general structure of product data templates, and how to link the product data templates to Industry Foundation Classes (IFC) (suivi par le GE 4)
- prEN ISO 12006-3 – Révision de la version 2016 - Building construction -- Organization of information about construction works -- Part 3: Framework for object-oriented information (suivi par le GE 4)
- prEN ISO 19650-3 Organization of information about construction works -- Information management using building information modelling -- Part 3:Operational phase of assets (suivi par le GE 3)
- ISO/AWI TR 23262 GIS (Geospatial) / BIM interoperability

L'ISO/TC 59/SC 13 WG 8 développe actuellement deux projets de normes relatifs aux conteneurs de données. La CN PPBIM accorde une vigilance particulière à ces projets car ils décrivent des solutions non implémentées en Europe. Ainsi, les experts français défendent l'élaboration de cas d'usage et l'assurance de l'opérationnalité des projets.

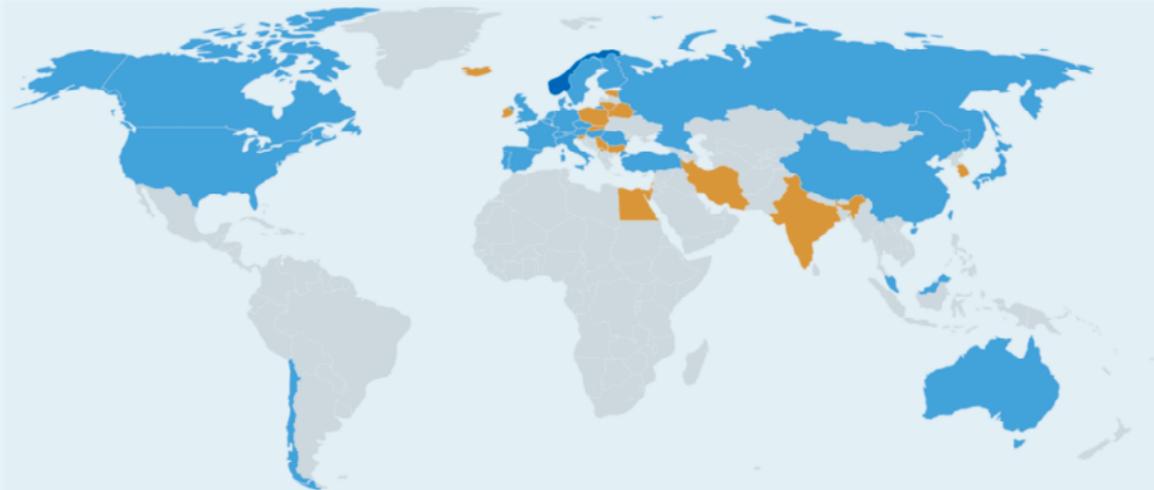
L'ISO/TC 59/SC 13 WG 13 est le groupe de travail qui a développé les normes NF EN ISO 19650 partie 1 et partie 2 relatives à la gestion de l'information sur un projet BIM. Ces deux projets, issus directement de référentiels britanniques. Les experts français se sont investis activement dans ce groupe de travail afin de rendre les projets les plus applicables possible aux projets français et aux TPE/PME.

L'ISO/TC 59/SC 13 WG 13 développe également deux autres projets issus de référentiels britanniques relatifs au management de l'information sur un projet BIM : l'un pour la gestion des actifs et l'autre pour la gestion de la sécurité des informations.

Structures internationales



Pays Membres de l'ISO/TC 59/SC 13



Secrétariat : Norvège - Standards Norway (SN)

Membres participants (27) : Allemagne (DIN), Australie (SA), Autriche (ASI), Belgique (NBN), Canada (SCC), Chili (INN), Chine (SAC), Danemark (DS), Espagne (UNE), États-Unis (ANSI), Finlande (SFS), France (AFNOR), Hongrie (MSZT), Italie (UNI), Japon (JISC), Malaisie (DSM), Norvège (SN), Pays-Bas (NEN), Portugal (IPQ), Roumanie (ASRO), Royaume-Uni (BSI), Russie fédération de (GOST R), Singapour (ESG), Suède (SIS), Suisse (SNV), Tchèque, République (UNMZ), Turquie (TSE)

Membres observateurs (15) : Bélarus (BELST), Bulgarie (BDS), Corée, République de (KATS), Égypte (EOS), Estonie (EVS), Inde (BIS), Iran, République islamique d' (ISIRI), Irlande (NSAI), Islande (IST), Israël (SII), Lituanie (LST), Pologne (PKN), Serbie (ISS), Slovaquie (UNMS SR), Slovénie (SIST).

7.2.4.1. LIAISONS ISO TC59 SC13





7.2.4.1. PROGRAMME DE TRAVAIL

EN ISO

EN ISO 29481-1	2016	Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format
EN ISO 29481-2	2016 (Ed.2)	Building information models - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework

ISO

ISO 12006-3	2007	Building construction - Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information
ISO 22263	2008	Organization of information about construction works - Framework for management of project information
ISO/TS 12911	2012	Framework for building information modelling (BIM) guidance
ISO 16354	2013	Guidelines for knowledge libraries and object libraries
ISO 16757-1	2015	Data structures for electronic product catalogues for building services - Part 1: Concepts, architecture and model
ISO 12006-2	2015 (Ed. 2)	Building construction - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification
ISO 16757-2	2016	Data structures for electronic product catalogues for building services -- Part 2: Geometry

Projet ISO, EN ou EN ISO (Accord de Vienne)	N° projet	Titre	Stade	Groupe de travail en charge du projet
---	-----------	-------	-------	---------------------------------------

ISO/TC 59/SC 13 Projets ISO

ISO	ISO/DIS 16739-1	Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema using EXPRESS schema definitions	En développement (Publication prévue début 2019)	JWG 12 (ISO/TC 59/SC 13 et ISO/TC 184)
ISO	ISO/PWI 16739-2	Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 2: Data schema using XML schema definitions	A l'étude	JWG 12 (ISO/TC 59/SC 13 et ISO/TC 184)
TR ISO	ISO/AWI TR 23262	GIS (Geospatial) / BIM interoperability	En développement	JWG 14 (ISO/TC 59/SC 13 et ISO/TC 211)
TR ISO	ISOWD 12006-3	Construction immobilière -- Organisation de l'information des travaux de construction -- Partie 3: Schéma pour l'information basée sur l'objet	En révision (Enquête prévue début 2019)	WG 6 (ISO/TC 59/SC 13)

ISO/TC 59/SC 13 Projets EN ISO sous Accords de Vienne avec ISO Lead

EN ISO (ISO lead)	prEN ISO 19650-1	Organization of information about construction works - Information management using building information modelling - Part 1: Concepts and principles	En développement (Publication prévue pour novembre 2018)	WG 13 (ISO/TC 59/SC 13)
-------------------	------------------	--	--	-----------------------------------



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

7.2.4.1. PROGRAMME DE TRAVAIL

Projet ISO, EN ou EN ISO (Accord de Vienne)	N° projet	Titre	Stade	Groupe de travail en charge du projet
EN ISO (ISO lead)	prEN ISO 19650-2	Organization of information about construction works - Information management using building information modelling - Part 2: Delivery phase of assets	En développement (Publication prévue pour novembre 2018)	WG 13 (ISO/TC 59/SC 13)
EN ISO (ISO lead)	ISO/NP 19650-3	Organization of information about construction works -- Information management using building information modelling -- Part 3: Operational phase of assets	En développement (Enquête prévue pour début 2020)	WG 13 (ISO/TC 59/SC 13)
EN ISO (ISO lead)	ISO/NP 19650-5	Organization of information about construction works -- Information management using building information modelling -- Part 5: Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management	En développement (Enquête prévue pour fin 2019)	WG 13 (ISO/TC 59/SC 13)
EN ISO (ISO lead)	ISO/DIS 21597-1	Conteneur d'informations pour l'échange de données -- Spécification d'échange -- Partie 1: Conteneur	En développement (Enquête fin 2018)	WG 8 (ISO/TC 59/SC 13)
EN ISO (ISO lead)	ISO/DIS 21597-1	Conteneur d'informations pour l'échange de données -- Spécification d'échange -- Partie 2: Sémantiques dynamiques	En développement (Enquête fin 2018)	WG 8 (ISO/TC 59/SC 13)
EN ISO (ISO lead)	prEN ISO 16757-1	Data structures for electronic product catalogues for building services - Part 1: Concepts, architecture and model (ISO 16757-1:2015)	En cours de reprise européenne (Enquête fin 2018)	WG 11 (ISO/TC 59/SC 13)
EN ISO (ISO lead)	prEN ISO 16757-2	Data structures for electronic product catalogues for building services - Part 2: Geometry (ISO 16757-2:2016)	En cours de reprise européenne (Enquête fin 2018)	WG 11 (ISO/TC 59/SC 13)

7.2.5. LES PRINCIPALES CLASSIFICATIONS, RÉFÉRENCES UTILISÉES POUR LE BÂTIMENT

Classification systems	OmniClass	MasterFormat	UniFormat	Uniclass
Country of origin	North America	North America	North America	UK
Produced by	CSI and CSC	CSI and CSC	CSI and CSC	CPIC and NBS
Language	English	English	English	English
Purpose and properties	Organization, sorting and retrieval of product information for all objects in the built environment in the project life cycle.	A master list for organizing construction work results, requirements, products and activities. Mostly used in bidding and specifications.	For arranging construction information, organized around the physical parts of a facility known as functional elements mainly used for cost estimates.	For all aspects of the design and construction process. For organizing library materials and structuring product literature and project information
Framework	ISO 12006-2, ISO 12006-3, MasterFormat, UniFormat, EPIC	Industry practice and gradual development	ISO 12006-2, Professional judgment	ISO 12006-2, SFB, CAWS, EPIC, CESMM
Grouping principle	faceted	hierarchical	hierarchical	faceted
Organization and taxonomies	15 inter-related tables categorized by number and name. A combination of Table 21, Table 22 & Table 23 allows for classifying a product precisely.	One table with a series of six numbers and name: Level one with 50 divisions (2004 version) each is made up of level two, level three, and sometimes level four numbers and titles for more detailed areas of work results.	One table with alphanumeric designations and titles in five levels: level one is in nine categories separated by their special function. Level 2 separates them into constituent parts, level 3, 4 and 5 further subdivide them.	The division among facets is based on the alphabet in 11 tables and within each facet by decimal scale up to 6 digits. Table G, J, K and L can be used for classifying product models.

Figure 22 : « Comparison between four classification systems based on the established criteria ». Tableau extrait de la publication : Afsari, K. and Eastman, C.M. (2016). A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models. In the 52nd ASC Annual International Conference Proceedings.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Année	Nom	Pays	Organisme	Commentaire
1950	SfB	SE - Suède		
1963	<u>MasterFormat</u>	US - Etats-Unis	CSI	
1976	<u>CI/SfB</u>	UK - Royaume-Uni	RIBA	adaptation britannique du SfB
1987	<u>CAWS - Common Arrangement of Work Sections</u>	UK - Royaume-Uni	CPIC	intégré dans la table J de l'Uniclass
1993	<u>CIB Master List</u>	-		
1994	<u>EPIC</u>	EU - Europe		
1997	<u>Uniclass</u>	UK - Royaume-Uni	CPIC	
1992	<u>UniFormat</u>	US - Etats-Unis		
1999	<u>UniFormat</u>	US - Etats-Unis	ASTM/CSI/CSC	
2010	<u>UniFormat CSI 2010</u>	US - Etats-Unis	CSI	
2010	<u>OmniClass OCCS</u>	US - Etats-Unis	CSI	
2015	<u>UNIFORMAT II 2015</u>	US - Etats-Unis	ASTM	norme E1557
2015	<u>Uniclass2/Uniclass2015</u>	UK - Royaume-Uni	CPIC	compatibilité COBie-UK-2012
	<u>NL/SfB</u>	NL - Pays-Bas		adaptation néerlandaise du SfB
	<u>BB/SfB</u>	BE - Belgique		adaptation belge du CI/SfB
	<u>CRTI-B - Bibliothèque des prestations standardisées</u>			

Figure 23 : Tableau avec les systèmes de classifications plus importants depuis 1950, extrait de <https://bimstandards.fr/data-bim/systemes-de-classification/>

- CLASSIFICATION UNIFORMAT II (2015) -

A - INFRASTRUCTURE		D50 - Electricité		DS0	
A10 - Fondations	A1010 - Fondations standard A1020 - Fondations spéciales A1030 - Dalle inférieure	D5010 - Services et distribution électrique D5020 - Eclairage et distribution secondaire D5030 - Communication & Sécurité D5050 - Autres systèmes électriques	D5010 - Services et distribution électrique D5020 - Eclairage et distribution secondaire D5030 - Communication & Sécurité D5050 - Autres systèmes électriques	D5010 - Services et distribution électrique D5020 - Eclairage et distribution secondaire D5030 - Communication & Sécurité D5050 - Autres systèmes électriques	D5010 - Services et distribution électrique D5020 - Eclairage et distribution secondaire D5030 - Communication & Sécurité D5050 - Autres systèmes électriques
A20 - Construction de sous-sol	A2010 - Excavation de sous-sol A2020 - Murs de sous-sol	E10 - Equipement	E1010 - Equipement commercial E1020 - Equipement institutionnel E1030 - Equipement pour véhicules E1050 - Autres équipements	E1010 - Equipement commercial E1020 - Equipement institutionnel E1030 - Equipement pour véhicules E1050 - Autres équipements	E1010 - Equipement commercial E1020 - Equipement institutionnel E1030 - Equipement pour véhicules E1050 - Autres équipements
B10 - Superstructure	B1010 - Construction de plancher B1020 - Construction de toiture	E20 - Ameublement et décoration	E2010 - Ameublement et décoration fixes E2020 - Ameublement et décoration mobiles	E2010 - Ameublement et décoration fixes E2020 - Ameublement et décoration mobiles	E2010 - Ameublement et décoration fixes E2020 - Ameublement et décoration mobiles
B20 - Enveloppe extérieure	B2010 - Murs extérieurs B2020 - Fenêtres extérieures B2030 - Portes extérieures	F - CONSTRUCTION SPECIALE & DEMOLITION	F10 - Construction spéciale	F1010 - Structures spéciales F1020 - Construction intégrée F1030 - Système spécial de construction F1040 - Installation spéciale F1050 - Instrumentation & régulation spéciales	F1010 - Structures spéciales F1020 - Construction intégrée F1030 - Système spécial de construction F1040 - Installation spéciale F1050 - Instrumentation & régulation spéciales
B30 - Toit	B3010 - Couverture B3020 - Ouvertures de toit	F20 - Démolition sélective de bâtiment	F2010 - Démolition d'éléments de bâtiment F2020 - Elimination de produits dangereux	F2010 - Démolition d'éléments de bâtiment F2020 - Elimination de produits dangereux	F2010 - Démolition d'éléments de bâtiment F2020 - Elimination de produits dangereux
C10 - Construction intérieure	C1010 - Cloisons C1020 - Portes intérieures C1030 - Accessoires intégrés	G - AMENAGEMENT EXTERIEUR	G10 - Préparation de l'emplacement	G1010 - Déblaiement d'emplacement G1020 - Déplacement et démolition sur l'emplacement G1030 - Terrassement d'emplacement G1040 - Décontamination d'emplacement	G1010 - Déblaiement d'emplacement G1020 - Déplacement et démolition sur l'emplacement G1030 - Terrassement d'emplacement G1040 - Décontamination d'emplacement
C20 - Escaliers	C2010 - Constructions d'escaliers C2020 - Finitions d'escaliers	G20 - Amélioration d'emplacement	G2010 - Chaussée G2020 - Aire de stationnement G2030 - Surface piétonne G2040 - Aménagement d'emplacement G2050 - Aménagement paysager	G2010 - Chaussée G2020 - Aire de stationnement G2030 - Surface piétonne G2040 - Aménagement d'emplacement G2050 - Aménagement paysager	G2010 - Chaussée G2020 - Aire de stationnement G2030 - Surface piétonne G2040 - Aménagement d'emplacement G2050 - Aménagement paysager
C30 - Finitions intérieures	C3010 - Finitions de murs C3020 - Finitions de planchers C3030 - Finitions de plafonds	G30 - Services mécaniques de l'emplacement	G3010 - Alimentation en eau G3020 - Egot sanitaire G3030 - Egot pluvial G3040 - Réseau distribution de chaleur G3050 - Réseau de distribution de refroidissement G3060 - Réseau de combustible G3090 - Autres services de mécanique sur l'emplacement	G3010 - Alimentation en eau G3020 - Egot sanitaire G3030 - Egot pluvial G3040 - Réseau distribution de chaleur G3050 - Réseau de distribution de refroidissement G3060 - Réseau de combustible G3090 - Autres services de mécanique sur l'emplacement	G3010 - Alimentation en eau G3020 - Egot sanitaire G3030 - Egot pluvial G3040 - Réseau distribution de chaleur G3050 - Réseau de distribution de refroidissement G3060 - Réseau de combustible G3090 - Autres services de mécanique sur l'emplacement
D10 - Moyens de transport	D1010 - Avions et monts charge D1020 - Escaliers mécaniques et trottoirs roulants D1090 - Autres systèmes transporteurs	G40 - Services d'électricité de l'emplacement	G4010 - Distribution d'électricité G4020 - Eclairage extérieur G4030 - Communication et sécurité sur l'emplacement	G4010 - Distribution d'électricité G4020 - Eclairage extérieur G4030 - Communication et sécurité sur l'emplacement	G4010 - Distribution d'électricité G4020 - Eclairage extérieur G4030 - Communication et sécurité sur l'emplacement
D20 - Plomberie	D2010 - Appareils sanitaires D2020 - Réseau d'eau domestique D2030 - Réseau de drainage sanitaire D2040 - Réseau de drainage pluvial D2090 - Autres systèmes de plomberie				
D30 - Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVC)	D3010 - Source d'énergie D3020 - Système de production de chaleur D3030 - Système de production de froid D3040 - Distribution de CVC D3050 - Unités autonomes ou modules D3060 - Régulation et instrumentation D3070 - Essai et réglage des systèmes D3090 - Autres systèmes ou équipements de CVC				
D40 - Protection incendie	D4010 - Gicleurs D4020 - Canalisations et robinets d'incendie D4030 - Accessoires de protection incendie				

Figure 24 : Exemple de la structure interne de la classification Unifomat II (2015). Tableau extrait de <https://bimstandards.fr/data-bim/systemes-de-classification/>



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

7.3. Précédents travaux de recherche autour de la donnée pour une économie circulaire dans le bâtiment

7.3.1. BAMB

7.3.1.1. OUTIL D'ÉVALUATION DE LA RÉVERSIBILITÉ DES BÂTIMENTS ET POTENTIEL DE RÉUTILISATION

Le groupe de travail 3 s'est concentré sur la mise en œuvre de stratégies de conception de bâtiments réversibles qui facilitent la réutilisation des composants et sur le développement de la capacité de transformation pour permettre l'expansion et l'extension des bâtiments qui peut ainsi répondre à plusieurs utilisations. Les éléments d'un bâtiment réversible peuvent être facilement échangés, ajoutés ou retirés sans endommager le bâtiment, les produits, les composants ou les matériaux. Trois outils de conception de bâtiments réversibles : 1. outil de potentiel de réutilisation, 2. outil de capacité de transformation avec protocole de conception de bâtiments réversibles, et 3. simulateur de bâtiment virtuel, visent à soutenir différentes parties prenantes du réseau de valeurs de la construction afin de mettre en œuvre des stratégies de conception réversible dans les activités de construction et de rénovation.

L'outil de potentiel de réutilisation permettra d'évaluer la valeur résiduelle des bâtiments et de ses composants et matériaux et de favoriser une réutilisation de haute qualité. L'outil sera présenté dans un format Excel, contenant des feuilles de saisie, de calculs et d'évaluation et abordera les points suivants :

- Informations sur les caractéristiques de démontage des structures de bâtiment entraînant l'indication du potentiel de réutilisation des systèmes, composants et éléments constituant les composants.
- Informations sur la typologie de la configuration du système / composant et la typologie des connexions.
- Classement des configurations de composants et de systèmes et des typologies de connexion (de réutilisables à non réutilisables) fournissant un score pour le potentiel de réutilisation des éléments / composants / systèmes de la réutilisation de haut niveau (100% de réutilisation) aux options de réutilisation de bas niveau (10% de réutilisation).
- Avantages environnementaux et économiques liés aux différentes options de réutilisation potentielles.

L'outil de capacité de transformation permettra d'évaluer les structures de bâtiment aux niveaux du système et des composants. L'outil sera présenté dans un format Excel, contenant des feuilles de saisie, de calcul et d'évaluation et abordera les points suivants :

- Caractéristiques techniques des bâtiments pour différentes typologies et fonctions de bâtiments.
- Cartographie de différentes typologies et fonctions dans des modèles typologiques compatibles.
- Impact des exigences spatiales et techniques sur la capacité de transformation.

Une classification des bâtiments est alors établie en fonction de leur :

- Capacité de transformation élevée (bâtiment transformable) : cela signifie que le bâtiment aura un niveau élevé d'échangeabilité et de transformation des systèmes de construction ;
- Capacité de transformation moyenne : cela signifie que 60% de la structure du bâtiment peut être améliorée et transformée
- Faible capacité de transformation : cela signifie que le bâtiment sera démolé et que la majorité de ses systèmes seront traités comme des déchets
- Avantages environnementaux et économiques liés aux différentes options de capacité de transformation.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Le cadre de ces outils sera construit sur la base des principaux critères de réutilisation et de transformation mais aussi de leurs interactions, interdépendances et importance. 8 critères de conception clés ont été identifiés :

1. décomposition fonctionnelle,
2. systématisation et clustering,
3. relations hiérarchiques entre les éléments,
4. spécification de l'élément de base,
5. séquences d'assemblage,
6. géométrie d'interface,
7. type de connexions,
8. Coordination du cycle de vie lors du montage / démontage.

Le protocole de conception pour les bâtiments dynamiques et circulaires informera les concepteurs et les décideurs sur la capacité de transformation, le potentiel de réutilisation et les impacts de ces solutions pendant la phase de conception. Il vise à soutenir la conception de bâtiments réversibles, et plus particulièrement, de bureaux, d'appartements et de bâtiments publics (socio / culturels) à fort potentiel de transformation et de réutilisation.

Le protocole intégrera les principaux critères de conception des bâtiments transformables avec des composants réutilisables. Des indicateurs souligneront les aspects les plus pertinents et les décisions adéquates pour chaque phase de conception. L'outil se concentra sur les zones géographiques de la Belgique, des Pays-Bas et de la Bosnie-Herzégovine.

L'outil a été présenté sous forme de rapport PDF, et de simulateur virtuel permettant une utilisation et une visualisation plus dynamiques des impacts physiques des solutions de conception.

Résultats du module de travail 3 :

LIVRABLE	STATUT
Outil de potentiel de réutilisation	En ligne https://www.bamb2020.eu/topics/reversible-building-design/
Outil de capacité de transformation	
Protocole de conception pour des bâtiments plus dynamiques et circulaires	

7.3.1.1. DÉMONSTRATION

Le groupe de travail 4 a mis en pratique de nouvelles approches de conception, de fabrication, de construction et d'entretien des bâtiments par le biais de six projets de construction et de rénovation à échelle réelle. Ces projets pilotes permirent également de tester des modèles commerciaux pour les chaînes de valeur des matériaux circulaires, d'organiser les communautés de fournisseurs, ainsi que de tester le potentiel de réduction des déchets visés par la mise en œuvre des concepts, approches et outils BAMB. Ces six projets de démonstration se trouvent aux Pays-Bas, en Allemagne, en Belgique et en Bosnie.

Résultats du lot de travail 4 :

LIVRABLE	STATUT
Étude de faisabilité + rapport de rétroaction	Rapport disponible en ligne https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2017/09/D12-feasibility-report-and-feedback-report_web.pdf
Prototype + rapport de rétroaction	Rapport disponible en ligne https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2018/05/20180502-BAMB-WP4-D13.pdf
4 Projets pilotes + rapport de rétroaction	« Testing BAMB results through prototyping and pilot projects » D14 – 4 pilots built & feedback report » disponible en ligne : https://www.bamb2020.eu/library/



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

7.3.1.2. APPLICATION

Le groupe de travail 5 comprend un certain nombre d'actions pour améliorer l'application et l'exploitation des passeports matériaux et de la conception réversible. L'action 1 a développé un modèle de prise de décision intégrée au niveau du bâtiment afin de soutenir l'utilisation vertueuses de ressources dans le processus de construction. La méthodologie - Circular Building Assessment – permet l'évaluation des nouveaux bâtiments et des bâtiments existants pour connaître l'efficacité de l'utilisation des ressources, en fonction de la sélection des matériaux et des décisions de conception, couplée au processus BIM. L'ambition était de fournir un prototype comme preuve de concept de la façon dont le modèle d'évaluation et de prise de décision pourrait aider les utilisateurs BIM à faire de meilleurs choix afin d'améliorer le potentiel de réutilisation et la capacité de transformation des bâtiments tout au long de leurs différentes phases de cycle de vie (conception, construction, gestion et maintenance, rénovation, démantèlement) tout en incorporant une évaluation environnementale et financière. La méthodologie intègre une simplification de certains indicateurs développés dans les outils de conception de bâtiments réversibles et fournit des suggestions pour intégrer les avantages et les inconvénients résultant d'une conception de bâtiment circulaire et dynamique dans l'évaluation du cycle de vie environnemental et les coûts du cycle de vie.

Résultats du groupe de travail 5 – action 1:

LIVRABLE	STATUT
Construction d'un modèle de prise de décision intégrée	Livré en Avril 2018 – rapport confidentiel
Circular Building Assessment tool – version beta du logiciel de méthodologie	Contactez les partenaires afin d'avoir accès à la plateforme https://www.bamb2020.eu/topics/data-decision/

L'action 2 a développé de nouveaux modèles commerciaux permettant une utilisation circulaire des matériaux, des composants et/ou des éléments de construction ainsi que des modèles opérationnels pragmatiques qui soutiennent ces modèles commerciaux.

Résultats du groupe de travail 5– action 2:

LIVRABLE	STATUT
Modèles commerciaux recommandés	Livrable disponible en ligne : https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2017/11/BAMB_Business-Models_20171114_extract.pdf
Modèles d'exploitation cibles recommandés	Livré en Avril 2018 – rapport confidentiel

L'action 3 a permis d'identifier les facteurs clés de succès pour des politiques circulaires efficaces sur la base de l'analyse des obstacles et opportunités actuels, des évaluations d'impact dans un périmètre géographique limité et de l'analyse des meilleures pratiques dans le monde. Un cadre pour les politiques et les normes a été fourni dans lequel des suggestions, pour l'adaptation des instruments existants et pour de nouvelles politiques s'attaquant aux barrières juridiques à différents niveaux, peuvent faciliter la transition de l'industrie du bâtiment vers la symbiose industrielle.

D'autres groupes de travaux ont été dédiés à la gestion de projet et à maximiser l'impact de la diffusion. Il s'agit notamment d'informer un réseau de parties prenantes en croissance (+ 500 membres) et les groupes d'intérêts spéciaux sur les derniers développements (voir www.bamb2020.eu pour en savoir plus). Ces intervenants, ainsi que de nombreux autres travaillant avec des lots de travaux spécifiques, contribuent également à façonner la recherche au fur et à mesure qu'elle progresse. Documents disponibles : https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2016/03/D1_Synthesis-report-on-State-of-the-art_20161129_FINAL.pdf

Résultats du groupe de travail 5, action 3 :

LIVRABLE	STATUT
Cadre pour les politiques et les normes	disponible en ligne : https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/02/State-of-the-art-report-on-Policies-and-Standards_V2.pdf



7.3.2. HQE-GBC, HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE - GREEN BUILDING COUNCIL

Les données hébergées sur la base INIES sont ici détaillées avec leur nomenclature. Il est nécessaire de connaître l'exhaustivité de ces données avant de proposer de les compléter.

7.3.2.1. FDES_FULL_DATA

int ID_FDES

→ Identifiant unique de chaque FDES

string Serial_Identifier

→ Identifiant unique d'une série de FDES.

Une série de FDES est une même FDES sous ses différentes versions.

string Version

→ Version de la FDES (x.y)

DateTime? Online_Date

→ Date de mise en ligne de la FDES

DateTime? Last_Update_Date

→ Date de dernière mise à jour de la FDES

string Name_FDES

→ Nom de la FDES

int Declaration_Type

→ Type de déclaration de la FDES

1 -> Déclaration individuelle

2 -> Déclaration collective

3 -> Donnée environnementale par défaut

4 -> Donnée environnementale conventionnelle

int Classification_ID

→ Identifiant de l'objet Nomenclature_Item dans lequel est classée la FDES

DateTime? Issue_Date

→ Date d'édition de la FDES

bool isVerified

→ État de vérification de la FDES (true/false)

DateTime? Verification_Date

→ Date de la vérification de la FDES

string Commercial_References

→ Descriptif des références commerciales couvertes par la FDES

int Commercial_References_Number

→ Nombre de références commerciales couvertes par la FDES

string Usage_Ability

→ Preuves d'aptitude à l'usage



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

- int DVT
→ Durée de vie du produit
- double UF_Quantity
→ Quantité de l'unité fonctionnelle
- string UF_Unit
→ Unité de l'unité fonctionnelle
- double Implementation_Fall_Rate
→ Taux de chute lors de la mise en œuvre
- double Maintenance_Frequency
→ Fréquence de maintenance (zn année)
- string Content_Declaration
→ Déclaration de contenu
- string UF_Description
→ Description de l'unité fonctionnelle
- string Characteristics_Not_In_UF
→ Caractéristiques non contenues dans l'unité fonctionnelle
- List<FU_Constituant_Product> List_FU_Constituant_Products
→ Liste des produits constitutifs de l'unité fonctionnelle
- FDES_Health_Info Health_Data
→ Données sanitaires
- FDES_Comfort_Info Comfort_Data
→ Données de confort
- Indicateurs_Values Indicateur_Set
→ Données des indicateurs d'impacts sur l'environnement

7.3.2.2. FU_CONSTITUANT_PRODUCT

- string Name
→ Nom du produit constituant
- double? Quantity
→ Quantité du produit constituant
- string Unit
> Unité du produit constituant
- int? Constituant_Type
→ Nature du constituant
 - > Produit déclaré
 - > Emballage
 - > Produit complémentaire



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

7.3.2.3. NOUVEAUX CHAMPS

Les nouveaux champs présents dans INIES V4 sont :

- « Etiquette réglementaire sur les émissions dans l'air intérieur de polluants volatils conformément à l'arrêté du 19 avril 2011 »
- « Autres émissions de polluants volatils dans l'air intérieur hors étiquette réglementaire »
Remplace « Émissions COV et Formaldéhydes »
- Nouveau champ pour le choix de la Norme (NF P 01 010, FR EN 15804, EN 15 804)
- Tableau des produits constitutifs de l'UF : Nom du produit constitutif, Quantité, Unité, Nature (Produit déclaré, Emballage, Produit complémentaire).
- Mise en place du versionning des fiches : toutes modifications apportées à une déclaration en ligne entraîneront l'archivage de la précédente version. Un numéro de version de la déclaration s'incrémentera automatiquement.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

7.4.

La qualité de la donnée et les informations complémentaires à capitaliser

Classification des données en fonction de leur utilité / vie du bâtiment

Id	Nom dans la langue du créateur	ESQ	APS	APD	PRO	DCE	EXE	DOE	MMB	ODR	DOR
{C7AD0FVA-9198-4297-94AS-98E651882CDF}	Nbre de la section d'un profil en acier										
{7D258778-9A0F-4F58-A4F1-4A0AD931A6D}	Aptitude à la galvanisation à chaud				c	c	c				
{6F1F7F86-9FDR-43D3-R978-D54444478535}	Catégorie de corrosivité										
{67AC3D0D-7D7F-41FF-996D-00F3F478R363}	Classe d'exécution des structures en acier										
{RAD5416R-FR0A-48R1-R3DF-103FA0BA2914}	Coefficient de dilatation thermique linéaire										
{37DC27B4-62C6-403B-8F81-C4ED33487BEE}	Connexion										
{84A16712-111D-48AB-B953-15F540F127CE}	Contre-flèche										
{A9F50CBF-86D4-40CF-BE9A-B94765B406E8}	Décapage (degré de soin)										
{86FDDFDE-A5F6-4128-80CB-05EC86316628}	Désignation normalisée d'un profilés I et H en aciers laminés à chaud			A	A	A	A	A	A		
{3CD35C7C-3684-400A-B69D-C3CD4E1B71BD}	Désignation symbolique de l'acier				B	B	B	B	B		
{11A54B1D-640C-452B-8AF2-131CA25CA9FA}	Épaisseur d'âme d'un profil acier				a	a	a				
{82124B37-3D8A-4603-BB63-F23CD4FBCB69}	Épaisseur de semelle d'un profil acier				a	a	a				
{78DF95A3-E08F-46C5-8FA6-75F32CFE492F}	État de laminage						b				
{CDAF84BC-C8B7-4876-B468-790D5D818A97}	Hauteur d'une section d'un profil en acier		a	a	a	a	a	a	a		
{C9A790EF-9239-4DD6-B603-F852F9807F4C}	Identifiant de production de l'élément de construction métallique										
{2D303CB5-7E29-444A-A54D-A709A2EAC35E}	Inertie de gauchissement				a	a	a				
{28886625-0BC3-4FD2-8834-1U/C161442t}	Inertie de torsion de St. Venant				a	a	a				
{9DDAA7CD-805F-441B-9673-3CDF927A437}	Largeur d'une section d'un profil acier			a	a	a	a	a	a		
{750BB8BC-D41A-1157-AECB-8F738D5F2714}	Limite d'élasticité de l'acier				b	b	b	b	b		
{661AAE1A-58D0-1316-8126-158B26B1FB5B}	Masse linéique d'un profilé en I ou H					a	a			a	
{8C7DD3F6-0C76-47AA-B849-658950013C9C}	Masse volumique										
{B3E28854-CDFF-48ED-BAF7-C12D0C288CC3}	Module de cisaillement				a	a	a				
{007E123A-92BA-4485-928A-7AD13A4BACFD}	Module d'élasticité longitudinale				b	b	b				
{606C3080-E167-4EC3-85F4-D517C6832796}	Moment d'inertie de flexion selon l'axe faible z-z				a	a	a				
{48EAF52-6338-4A0B-A259-BAE1A08453AF}	Moment d'inertie de flexion selon l'axe fort y-y				a	a	a				
{FF7ECCA5-D4A2-4E13-A839-184FEDE185B1}	Portée d'une poutre en acier										
{61CBEAC4-7487-43A9-97AD-EA4D325C9E55}	Rayon de congé d'un profil en I ou H				a	a	a				
{5BE753FE-5778-4C14-A56C-781E6E005318}	Rayon de courbure										
{A258BECD-AE45-430C-849D-747BECF0AA90}	Résistance à la traction				b	b	b	b	b		
{1EBB193C-D00B-4021-A9A5-AE4835F66E88}	Résistance à l'arrachement lamellaire						c	c			
{63C8524C-64F1-46E1-A2C4-49E19423F194}	Rugosité de surface d'un subjectile en acier										
{1E011E05-D9CB-1B18-B763-220A88BB361E}	Surface développée par unité de longueur d'un profil ouvert						a				
{1D85BE80-5281-1850-A11D-2D1D5162079F}	Type de finition de surface de l'acier										
Hors dictionnaire BIM	Composition chimique de l'acier						C				
Hors dictionnaire BIM (mais à venir)	Résilience de l'acier						b				

ESQ : Esquisse - APS : Avant-projet sommaire - APD : Avant-projet définitif - PRO : Etude de projet - DCE : Dossier de consultation des entreprises - EXE : Etudes d'exécution - DOE : Dossier des ouvrages exécutés - MMB : Maintenance et modifications du bâtiment - ODR : Opération de démontage pour le réemploi - DOR : Données d'origine pour le réemploi
 Si "X" et connu, alors "x" sont connus ; si les "x" sont connus, alors "X" est assimilé à...



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

7.5. Exemple d'exigences d'informations pour la convention BIM

7.5.1. EXEMPLES D'EXIGENCES DE FOURNITURE D'INFORMATIONS DEMANDÉES PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE STIPULÉES DANS LA CONVENTION BIM :

La colonne gestion correspond aux informations utiles dans une perspective d'économie circulaire, car elle permet de capitaliser les données spécifiques en vue de l'exploitation, la transformabilité, réutilisation, recyclage de l'objet construit.

Objet	Classe Ifc	Propriétés de l'objet / Documents	Phases				
			APS	APD	PRO/DCE	GESTION	
<p>Certains objets pouvant être utilisés par plusieurs corps d'état, ceux-ci sont donc organisés ci-dessous par thématique</p>	Correspondance à la norme ISO 10303-21 Ifc2x3 http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm	Précision représentation graphique La MOA peut préciser ici le niveau de détail de l'objet	Nota : La MOA peut préciser ici la façon d'obtenir les documents, soit liés aux objets de la maquette, soit dans un dossier				
Générale	Projet	IfcProject	Documents				
			Planning	X	X	X	X
			Etude thermique	X	X	X	X
			Schémas de principe	X	X	X	X
			Notes de calculs	X	X	X	X
			Plans de façade	X	X	X	X
			Notice 55I	X	X	X	X
			Notice accessibilité handicapé	X	X	X	X
			Bilan global des puissances	X	X	X	X
			CCTP		X	X	X
			Tableau des surfaces définitives		X	X	X
			Carnets de détails			X	X
			Schémas des installations			X	X
			Documents				
	Niveau	IfcBuildingStorey	Plans 2D	X	X	X	X
			Coupes du niveau	X	X	X	X

	Espace	IfcSpace	Propriétés					
			Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
			Surface programmée brute	X	X	X	X	
			Surface programmée nette	X	X	X	X	
			Surface utile	X	X	X	X	
			Accessible au public V/F	X	X	X	X	
			Accessible handicapés V/F	X	X	X	X	
	Murs Habillage des façades	IfcWall IfcWall	Propriétés					
			Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
			Matériaux	X	X	X	X	
			Est Extérieur V/F	X	X	X	X	
			Porteur V/F	X	X	X	X	
			Coefficient de transmission thermique (U)			X	X	
			Propriétés acoustiques			X	X	
			Résistance au feu			X	X	
			Référence commerciale des matériaux				X	
			Documents					
			Fiches techniques				X	
			Spécifications de pose				X	
Murs rideaux	IfcCurtainWall	Propriétés						
		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
		Matériaux	X	X	X	X		
		Est Extérieur V/F	X	X	X	X		
		Coefficient de transmission thermique (U)			X	X		
		Propriétés acoustique			X	X		
		Résistance au feu			X	X		
		Référence commerciale des matériaux				X		
		Documents						
		Fiches techniques				X		
		Spécifications de pose				X		
		Dalles Planchers	IfcSlab IfcSlab	Propriétés				
Apparition de l'objet dans la maquette	X			X	X	X		
Matériaux	X			X	X	X		
Est Extérieur V/F	X			X	X	X		
Porteur V/F	X			X	X	X		
Coefficient de transmission thermique (U)					X	X		
Propriétés acoustique					X	X		
Résistance au feu					X	X		
Référence commerciale des matériaux						X		
Documents								
Fiches techniques						X		
Fiches techniques						X		

	Toitures	IfcRoof	Propriétés					
			Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
			Matériaux	X	X	X	X	
			Propriétés acoustique			X	X	
			Résistance au feu			X	X	
			Référence commerciale				X	
			Documents					
Fiches techniques				X				
	Plafond / Faux-plafond	IfcCovering_CEILING La classe IfcCovering gère tous les types de "revêtements". "COVERING" correspond au type "plafonds".	Propriétés					
			Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
			Matériaux	X	X	X	X	
			Coefficient de transmission thermique (U)			X	X	
			Propriétés acoustique			X	X	
			Résistance au feu			X	X	
			Référence commerciale				X	
			Documents					
			Fiches techniques				X	
			Spécifications de pose				X	
	Poutres	IfcBeam	Propriétés					
			Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
			Matériaux	X	X	X	X	
			Est Extérieur V/F			X	X	
			Porteur V/F			X	X	
			Résistance au feu			X	X	
			Référence commerciale				X	
			Documents					
			Fiches techniques				X	
			Spécifications de pose				X	
Garantie constructeur				X				
	Poteaux	IfcColumn	Propriétés					
			Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
			Matériaux	X	X	X	X	
			Est Extérieur V/F			X	X	
			Porteur V/F			X	X	
			Résistance au feu			X	X	
			Référence commerciale				X	
Documents								
Fiches techniques				X				
	Fondations	IfcFooting	Propriétés					
			Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
			Matériaux	X	X	X	X	
			Référence commerciale				X	
Documents								
Fiches techniques				X				
	Fenêtres	IfcWindow	Propriétés					
			Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
			Matériaux	X	X	X	X	
			Est Extérieur V/F	X	X	X	X	
			Coefficient de transmission thermique (U)			X	X	
			Propriétés acoustique			X	X	
			Type d'occultation			X	X	
			Taux d'infiltration (m³/s)			X	X	
			Fraction surface vitrée			X	X	
			Coupe-feu V/F			X	X	
			Résistance au feu			X	X	
			Référence commerciale				X	
			Documents					
			Fiches techniques				X	
			Spécifications de pose				X	
			Notice de fonctionnement				X	
Notice de maintenance				X				
Garantie constructeur/certificats/évaluation				X				

		Propriétés					
Toitures	IfcRoof	Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
		Matériaux	X	X	X	X	
		Propriétés acoustique			X	X	
		Résistance au feu			X	X	
		Référence commerciale				X	
		Documents					
		Fiches techniques					X
Plafond / Faux-plafond	IfcCovering_CEILING La classe IfcCovering gère tous les types de "revêtements". "COVERING" correspond au type "plafonds".	Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
		Matériaux	X	X	X	X	
		Coefficient de transmission thermique (U)			X	X	
		Propriétés acoustique			X	X	
		Résistance au feu			X	X	
		Référence commerciale				X	
		Documents					
Fiches techniques					X		
Spécifications de pose					X		
Poutres	IfcBeam	Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
		Matériaux	X	X	X	X	
		Est Extérieur V/F			X	X	X
		Porteur V/F			X	X	X
		Résistance au feu			X	X	
		Référence commerciale				X	
		Documents					
Fiches techniques					X		
Spécifications de pose					X		
Garantie constructeur					X		
Poteaux	IfcColumn	Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
		Matériaux	X	X	X	X	
		Est Extérieur V/F			X	X	X
		Porteur V/F			X	X	X
		Résistance au feu			X	X	
		Référence commerciale				X	
		Documents					
Fiches techniques					X		
Fondations	IfcFooting	Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
		Matériaux	X	X	X	X	
		Référence commerciale				X	
		Documents					
Fiches techniques					X		
Fenêtres	IfcWindow	Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X	
		Matériaux	X	X	X	X	
		Est Extérieur V/F	X	X	X	X	
		Coefficient de transmission thermique (U)			X	X	
		Propriétés acoustique			X	X	
		Type d'occultation			X	X	
		Taux d'infiltration (m³/s)			X	X	
		Fraction surface vitrée			X	X	
		Coupe-feu V/F			X	X	
		Résistance au feu			X	X	
		Référence commerciale				X	
		Documents					
		Fiches techniques					X
		Spécifications de pose					X
Notice de fonctionnement					X		
Notice de maintenance					X		
Garantie constructeur/certificats/évaluation					X		

			Propriétés						
Escaliers	IfcStair		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Matériaux	X	X	X	X		
			Est Extérieur V/F			X	X		
			Antidérapant V/F			X	X		
			Sortie de secours V/F			X	X		
Rampe	IfcRamp		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Matériaux	X	X	X	X		
			Est Extérieur V/F	X	X	X	X		
Ascenseurs et montes-charges	IfcTransportElementType		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Capacité en nombre de personnes		X	X	X		
			Capacité en poids		X	X	X		
			Nombre d'étages desservis		X	X	X		
			Installateur				X		
			Durée de garantie				X		
			Ligne téléphonique				X		
			Référence commerciale				X		
						Documents			
			Fiches techniques					X	
			Spécifications de pose					X	
			Notice de fonctionnement					X	
			Notice de maintenance					X	
Garantie constructeur					X				
Barrière, guides roue, ...	IfcBuildingElementProxy		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Matériaux			X	X		
			Référence commerciale			X	X		
						Documents			
Fiches techniques					X				
Meubles sous éviers, étagères, meubles divers... (Meuble non fixe, ameublement)	IfcFurnitureType		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Marque			X	X		
			Référence commerciale			X	X		
						Documents			
			Fiches techniques					X	
Spécifications de pose/d'entretien					X				
Garantie constructeur					X				
Installations pour handicapés : barres d'appui, barres de relèvements	IfcBuildingElementProxy		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Matériaux			X	X		
			Est Extérieur V/F			X	X		
			Référence commerciale			X	X		
						Documents			
			Fiches techniques					X	
Spécifications de pose					X				
Garantie constructeur					X				
Pieux	IfcPile		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Matériaux	X	X	X	X		
			Référence commerciale			X	X		
						Documents			
Fiches techniques					X				
Barre d'armature	IfcReinforcingBar		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Matériaux	X	X	X	X		
						Documents			
			Fiches techniques					X	
Spécifications de pose					X				
Treillis	IfcReinforcingMesh		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Matériaux	X	X	X	X		
						Documents			
Fiches techniques					X				
Câbles	IfcTendon		Apparition de l'objet dans la maquette	X	X	X	X		
			Matériaux	X	X	X	X		
						Documents			
			Fiches techniques					X	
Spécifications de pose					X				



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

7.5.2. EXEMPLE D'ÉLÉMENTS

AU SEIN D'UNE CONVENTION BIM :

RENSEIGNEMENT DES INFORMATIONS ET ECONOMIE CIRCULAIRE

L'enjeu de ce point est de donner les lignes directrices qui permettent de produire un DOE exploitable et qui respecte les principes de traçabilité de l'économie circulaire. Dans l'optique de favoriser une économie circulaire, ces mesures peuvent être renforcées par des mesures complémentaires sur le renseignement des informations relatives aux impacts environnementaux, à la réemployabilité et au recyclage des produits, équipements et matériaux.

Ce point est particulièrement intéressant pour tout propriétaire/ gestionnaire d'actifs qui souhaiterait gérer son propre gisement de matériaux et suivre son évolution pendant la durée de vie jusqu'à déconstruction puis réemploi ou recyclage.

Ce point a été développé à partir du livrable de l'Atelier de la Fondation Bâtiment Énergie « Economie Circulaire des Bâtiments » Enjeu - Capitalisation de la donnée » qui est en train de mener un projet de recherche sur l'économie circulaire dans les projets en BIM. Ce livrable précise une liste de mesures à mettre en place dans les projets en BIM afin d'attendre un DOE numérique qui satisfait les enjeux de l'économie circulaire.

1. DEMARCHES A METTRE EN PLACE PENDANT LA PHASE EXE

Liste :

- La formation de tous les intervenants et pas seulement des modeleurs : Il est important que tous les intervenants du projet, au-delà des dessinateurs soient impliqués dans la question de la traçabilité des données et le renseignement des informations. Cette question doit se valider à partir de :
 - Une ou plusieurs réunions de formation sur la plateforme collaborative pour tous les chefs de projet, en s'assurant qu'ils ont les compétences minimales pour la gestion d'un projet BIM.
 - De plus, dans les réunions BIM, il doit exister un point dans l'ordre du jour pour traiter les besoins informationnels des différents intervenants.
- La programmation doit intégrer les enjeux d'exploitation et la maîtrise d'ouvrage doit lister les objectifs BIM depuis le démarrage de la phase EXE. Ces objectifs sont à discuter dans une réunion avec tous les référents BIM des entreprises ainsi qu'avec le futur exploitant (s'il existe déjà). A la suite de cette réunion chaque référent BIM doit envoyer un retour au BIM manager avec les paramètres qu'il considère important d'intégrer en phase exécution dans cette typologie de projet ou avec les paramètres qu'ils ont l'habitude de renseigner. De son côté le BIM Manager fera une liste à partir de ces réponses avec les informations de ce projet qui sont en lien avec l'économie circulaire. Notamment, la plupart des propriétés des équipements et des matériaux ainsi que sa localisation et traçabilité (URL, fabricant etc.)

Il faut que le BIM Manager puisse assurer pendant la réception du DOE que tous les matériaux de la maquette numérique ont au minimum leurs caractéristiques thermiques et physiques. Ce sont les entreprises qui doivent vérifier que les matériaux utilisés sont en cohérence avec les CCTP. Pour ce faire, il est conseillé de mettre en place un commissionnement du niveau d'information. Ce commissionnement peut s'agir d'une mission complémentaire ou bien d'une mission assignée au BIM Manager depuis le début de son contrat. Cette mission porte sur la vérification du niveau d'information des éléments finaux dans la maquette, en cohérence avec les pièces écrites. Au cours du chantier les éléments et les informations peuvent changer plusieurs fois, et il s'agit du moment le plus risqué pour la perte des informations. En conséquence, une vérification du renseignement devient nécessaire en vue de toute démarche d'économie circulaire.

- Il est nécessaire de mettre en place une démarche coopérative avec la mutualisation des enjeux. Tous les acteurs doivent respecter, intégrer et faciliter la mise à disposition des informations nécessaires pour le reste des intervenants.
- Il faut éviter d'intégrer dans la maquette des éléments téléchargés d'internet, avec les propriétés différentes de celles du projet. Dans le cas où cette manipulation devient nécessaire, l'objet sera nettoyé de toutes les informations du fabricant et adaptés aux caractéristiques du projet.
- Les transmissions entre les intervenants entraînent une perte importante d'informations. Afin de garantir et pérenniser l'information, des systèmes de traçabilité doivent être mis en œuvre en parallèle d'une maquette numérique BIM ou d'un archivage de documents techniques. Il est donc imposé la mise en place d'une plateforme collaborative qui permet de stocker les différentes versions de chaque fichier.



2. MISE EN PLACE D'UNE TRAÇABILITE

Il faut discuter avec les entreprises la possibilité de mettre en place pendant le chantier un de ces systèmes de traçabilité de données. Dans le cas où les entreprises considèrent que ce n'est pas nécessaire, il faudrait préparer un document justifiant cette décision afin qu'il puisse servir comme retour d'expérience. Nous présentons ci-dessous des exemples possibles de systèmes permettant la traçabilité des matériaux.

9.2.1 QR CODES, ETIQUETTES, MARQUAGE

Des codes et des codes à barres collés sur la surface des éléments au cours du chantier sont des solutions de traçabilité accessibles qui engagent peu de coûts et de technologie. Ils doivent cependant être reliés à un système de bases de données, lié si possible au modèle BIM. Le système d'étiquettes collées pose cependant la question des limites de la pérennité de la solution : l'étiquette peut se décoller ou être recouverte par la finition (peinture, enduit...).

Le QR code fonctionne sur le même principe sauf que le système de codage n'est plus le code barre mais le carré QR code. Il renvoie vers des données stockées sur un cloud. Son utilisation est très facile depuis un smartphone. Ces systèmes de codes peuvent faire l'objet d'une gravure dans la matière. Ils peuvent alors autoriser la pose d'une peinture peu épaisse. Par ailleurs les recherches sur le nano marquage ou la nano gravure peuvent déboucher sur des applications pour les matériaux de construction, sans altérer l'esthétique d'un élément, ni risquer de perturber sa recyclabilité. Ils peuvent être intéressants pour des matériaux du second œuvre accessibles. Les éléments du gros œuvre ou certains équipements seront moins compatibles avec ce genre de technologie.

9.2.2 SYSTEMES PASSIFS : PUCES RFID

Une réelle garantie d'un produit pourrait le suivre pendant toute la durée de sa vie, de ses vies. La technologie de puces RFID (par radio identification) s'adapte désormais aux matériaux de construction. Ainsi à chacune de ses déconstructions, le matériau conserverait ses capacités structurelles initiales, l'information technique voyagerait avec lui. Les puces RFID peuvent être incorporées à l'intérieur des composants (béton, bois) ou fixées à ceux-ci.

Il existe actuellement trois types d'étiquettes RFID disponibles : passive ; semi-passive ; et étiquettes RFID actives. Les étiquettes actives, du fait qu'elles possèdent leur source d'alimentation, ont une plage de lecture-écriture supérieure (5 à 30m) à celle des étiquettes passives (plage de lecture-écriture de moins de 2 m de long), mais sont plus chères que les étiquettes passives en raison de coûts de matériel et de fabrication plus élevés. En tant que telles, les étiquettes actives sont généralement appliquées dans des zones spécialisées où les coûts plus élevés et le niveau de détail des informations stockées sont justifiés (par exemple, pour localiser des actifs importants). Les étiquettes passives en raison de leur simplicité, leur adaptabilité et leur résistance aux environnements difficiles ont un grand nombre d'applications génériques dans une variété d'industries et de secteurs.

La start-up « 360 Smart connect » prévoit l'incorporation de puces RFID dans le béton avant ou pendant sa mise en œuvre. La puce RFID est autonome, potentiellement immortelle et l'énergie nécessaire à sa lecture est apportée par le lecteur. Les informations sont hébergées numériquement à distance. Ce béton connecté grâce au système NFC, permet :

- Traçabilité intelligente : directement par smartphone grâce au système NFC
- Porte-documents dématérialisé : relier l'ouvrage à ses documents
- Réception, transferts de propriété au client
- Balise reliant la pièce physique à l'élément fini de la maquette numérique
- Maintenance : prendre les consignes et prouver le passage.

9.2.3 SYSTÈMES ACTIFS : CAPTEURS, IOT

Une dernière possibilité c'est l'utilisation de capteurs pour la future exploitation et maintenance du bâtiment, dans ce cas, il faudrait intégrer ces capteurs dans toute l'installation électrique du bâtiment. Au-delà de l'intérêt démontré pour faciliter l'exploitation et la maîtrise de la consommation d'énergie des bâtiments, le monitoring présente un potentiel pour la préservation des matériaux, le suivi de leur état et vieillissement et aider à la qualification des performances résiduelles en fin de vie, éventuellement en vue d'un réemploi. L'intégration de données de capteurs dans le modèle BIM devrait aussi contribuer à comporter un GPS et une capacité de localisation.

Un autre domaine de recherche concerne les types de Blockchains : «Blockchains publics», «Blockchains privés» ou «Blockchains hybrides». Un potentiel de la blockchain est d'héberger un modèle BIM garantissant l'absence de perte d'informations, mais il existe actuellement une offre limitée de solutions basées sur les blockchains.

7.6. Exemple attributs BIM

Liste des attributs «BIM pour le FM» pour l'équipement					
Designation de l'équipement :			Niveau de modélisation LOD :		
Photo/Illustration	Catégorie de l'équipement :		Codification Unifomat II :		
	Description :		Documents à associer à l'équipement :		
Catégorie de l'attribut (Type d'information)	Attribut requis (Description)	Unité (M, Pa, L/Min)	Format (Texte, numérique, mixte)	Source de l'information	Destinataire de l'information (BIM, GMAO, GTB)
Information de localisation	Nom du bâtiment				
Information de localisation	Numéro de l'étage				
Information de localisation	Numéro ou nom du local				
Information de localisation	Numéro de bureau				
Information fabricant	Nom du fabricant				
Information fabricant	Coordonnées				
Information fabricant	Référence équipement fabricant				
Information fabricant	Numéro de série				
Information fabricant	Année de fabrication				
Information fabricant	Code-barres/QR fabricant				
Facilities/Asset Management	Code d'identification FM				
Facilities/Asset Management	Code-barres/QR FM				
Facilities/Asset Management	Coûts de remplacement				
Facilities/Asset Management	Coûts d'installation				
Facilities/Asset Management	Coûts de l'équipement				
Facilities/Asset Management	Désignation de l'équipement				
Facilities/Asset Management	Type de réseaux				
Facilities/Asset Management	Référence du manuel équipement				
Facilities/Asset Management	Type de garantie				
Facilities/Asset Management	Responsable de la garantie				
Facilities/Asset Management	Date de démarrage de la garantie				
Facilities/Asset Management	Date de fin de garantie				
Facilities/Asset Management	Liste des pièces détachées				
Facilities/Asset Management	Fournisseur des pièces détachées				
Facilities/Asset Management	Instructions de maintenance				
Facilities/Asset Management	Type de contrôle				
Facilities/Asset Management	Dernières valeurs relevées				
Facilities/Asset Management	Mise en sécurité				
Informations de planning	Date de mise en service				
Informations de planning	Périodicité de contrôle				
Informations de planning	Date du dernier contrôle				
Spécifications	Dimensions				
Spécifications	Poids				
Spécifications	Type de connectiques électriques				
Spécifications	Dimension des connectiques électriques				
Spécifications	Type de connectiques plomberie				
Spécifications	Dimension des connectiques plomberie				
Spécifications	Type de connectiques ventilation				
Spécifications	Dimension des connectiques ventilation				
Spécifications	Couleurs/ finition				
Spécifications	Capacité				
Spécifications	Niveau sonore				
Spécifications énergétiques	Type d'alimentation				
Spécifications énergétiques	Consommation				
Spécifications énergétiques	Températures de fonctionnement				
Spécifications énergétiques	Débit d'air				
Spécifications énergétiques	Débit d'eau				
Spécifications énergétiques	Taux d'humidité				
Spécifications énergétiques	Pression de fonctionnement				
Spécifications énergétiques	Consommation eau				
Spécifications énergétiques	Consommation gaz				
Spécifications énergétiques	Consommation électrique				
Spécifications énergétiques	Valeurs relevées à l'installation				



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

ACRONYMES

ACT Assistance pour la passation des contrats de travaux	GEM Gestion-Exploitation-Maintenance
AFNOR Association française de normalisation	GES Gaz à effet de serre
AIMCC Association des Industries de Produits de Construction	GMAO Gestion de maintenance assistée par ordinateur
AMI Appel à Manifestation d'Intérêt	GMAO Gestion-maintenance assistée par ordinateur)
AMI Appel à Manifestation d'intérêt	HQE Haute Qualité Environnementale
AMO Assistant à la maîtrise d'ouvrage	IDM Information Delivery Manual
AOR Assistance aux opérations de réception	IoT Internet of Things
APD Avant-projet définitif	KER Key Exploitable Results
APS Avant-projet sommaire	LOIN Level of Information Need
BAMB Buildings as Material Banks	MEP Mechanical, Electrical, and Plumbing
BET bureau d'études techniques	MOA Maîtrise d'ouvrage
BET Bureaux d'études techniques	MOA Maître de l'Ouvrage
BIM Building Information Modeling	MOE Maîtrise d'œuvre
BPI Banque Publique d'Investissement	MOE Maîtrise d'œuvre
CE Conformité Européenne	MPiR Matières Premières issues du Recyclage
CED catalogue européen des déchets	OPC Ordonnancement, pilotage et coordination de travaux
CEN Comité Européen de Normalisation	PC Permis de construire
CIM City Information Modeling	PIA Programme d'Investissements d'Avenir
CM Entreprise de construction métallique	PIM Product Information Modeling
CM Charpente Métallique	POBIM Propriétés et Objets pour le BIM
CMR Cancérogènes, Mutagènes et toxiques pour la Reproduction	PPNIM Propriétés Produits pour le BIM
CN Commission de Normalisation (AFNOR)	PRO Etude de projet
CNI Conseil National de l'Industrie	PTNB Plan Transition Numérique dans le Bâtiment
COV Composés organiques volatils	QAI Qualité de l'air intérieur
CPR Construction Products Regulation	RA Réalité Augmentée
CSF IPC Contrat Stratégique de Filière Industrie Pour la Construction	RIA Robinets d'Incendie Armés
DAF direction administrative et financière	RPC Règlement Produits de Construction
DAF Direction Administrative et Financière	SME Structure Métallique
DCE Dossier de consultation des entreprises	SNBC Stratégie Nationale Bas-Carbone
DE Dossier d'exécution	
DEM Dossier d'Exploitation Maintenance	
DET Direction de l'exécution des contrats de travaux	
DOE Dossier des ouvrages exécutés	
DOE dossier des ouvrages exécutés	
DTU Documents Techniques Unifiés	
DVR Durée de Vie Résiduelle	
EG Entreprise générale	
EGC Entreprise générale de construction	
ESQ Esquisse	
EXE Etudes d'exécution	
FBE Fondation Bâtiment Energie	
FFA Fédération Française des Assurances	
GBC Green Building Council	



FONDATION
BÂTIMENT
ÉNERGIE