

# Pour une interopérabilité dynamique

Bernard Ferries<sup>1</sup>, Aurélie de Boissieu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Recherche en Architecture, ENSA de Toulouse

<sup>2</sup> Grimshaw Architects

e-mail : [bernard.ferries@toulouse.archi.fr](mailto:bernard.ferries@toulouse.archi.fr)<sup>1</sup>, [aurelie.deboissieu@grimshaw.global](mailto:aurelie.deboissieu@grimshaw.global)<sup>2</sup>

## Abstract

This paper focus on the process of sharing data in two contexts : while the work is in progress within a team and while the data is shared in between teams. For these two contexts, we interrogate the technologies and processes available to answer interoperability requirements.

Both interoperability by open format and dynamic web based interoperability emerge as major technologies from the state of the art. Theirs specificities, strengths and limits are interrogated, in the perspective of the feedback from their implementation in architectural practice.

## Key words

BIM, Collaboration, Cooperation, Computational Design, Dataset, Dynamic interoperability, Open Format, Federated Data, Common Data Environment, IFC

## Résumé

Cet article s'intéresse à deux contextes de partage de données : celui des travaux en cours menés en interne par un intervenant du projet et celui du partage avec les autres intervenants. Pour ces deux contextes, nous explorons et comparons les pratiques d'interopérabilité en œuvre dans la conception architecturale, du point de vue des pratiques professionnelles et des outils et méthodes.

L'interopérabilité par format ouvert et l'interopérabilité dynamique émergent tout particulièrement de cette analyse. Leurs spécificités, leurs implémentations dans la pratique et leurs complémentarités sont interrogées. Cette analyse est mise en regard avec des retours d'expérience d'une agence d'architecture.

## Mots clefs

BIM, Collaboration, Coopération, Environnement de travail partagé, Conception Numérique, Dataset, Format ouvert, Fédération de données, Interopérabilité dynamique

# 1. Introduction

La mise en œuvre du BIM dans une opération implique une organisation adaptée et la rédaction de documents de référence comme la convention BIM. Ces sujets sont traités dans la norme ISO/DIS 19650 en cours de préparation qui s'inspire d'une des normes britanniques définies pour accompagner le passage au BIM niveau 2 [BS 1192-2, 2013].

Elle introduit le concept d'espace commun des données<sup>1</sup> et propose de le structurer en quatre parties comme illustré dans le schéma ci-dessous.

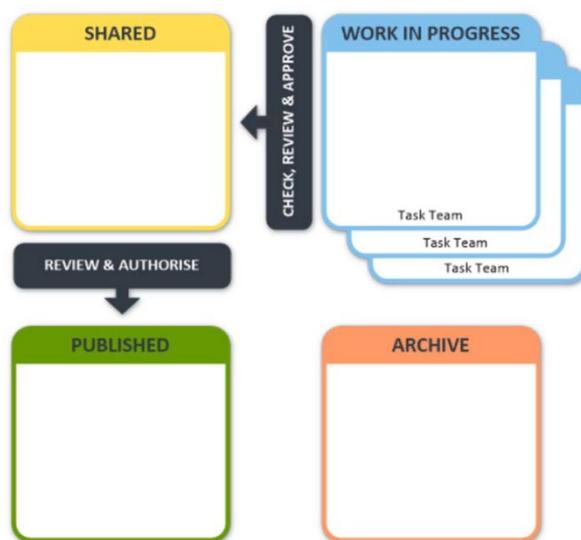


Figure 1. Espace commun des données

Nous allons nous intéresser tout particulièrement à deux contextes, celui des travaux en cours et celui du partage. Les travaux en cours sont menés dans un espace privé réservé à un des intervenants du projet comme l'agence d'architecture. Cet intervenant mobilise un ensemble d'outils complémentaires qui sont utilisés à plusieurs reprises car c'est le moment d'envisager et d'étudier diverses variantes de la solution. Dans le contexte du partage, il s'agit de publier des livrables qui vont être analysés, contrôlés et exploités par les autres intervenants. Ces livrables doivent en général répondre à un cahier des charges spécifique ou au volet BIM du programme. Il est fréquent de demander que les maquettes numériques soient livrées au format IFC.

Cet article explore et compare les pratiques d'interopérabilité en oeuvre dans ces deux contextes et notamment du point de vue des pratiques professionnelles et des outils et méthodes.

Cet article s'organise en quatre parties. Dans un premier temps nous positionnons les enjeux de l'interopérabilité en particulier au regard des données partagées et des leurs structurations possibles. Dans un deuxième temps, nous présentons les principales solutions techniques pour l'échange de données entre logiciels et nous nous intéressons plus particulièrement aux solutions d'interopérabilité dynamique. Leurs spécificités et leurs impacts sur les espaces et pratiques de partages de données sont développés en troisième partie. Enfin une quatrième partie discute les pratiques d'implémentation de ces processus d'interopérabilité dynamique dans le cadre de l'agence d'architecture Grimshaw Architects.

---

<sup>1</sup> Common Data Environment (CDE)

## 2. Enjeux de l'interopérabilité : Interfaces entre logiciels et structuration des données partagées

Nous appelons interopérabilité la capacité d'un système ou d'un produit à travailler avec d'autres systèmes ou produits sans un effort particulier de la part de l'utilisateur. Dans le domaine du logiciel, l'objectif poursuivi est de transférer des informations d'un logiciel à un autre, sans perte d'information et sans intervention de l'utilisateur.

### 2.1. Multiplication des interfaces et modèle de données centralisé

Les interfaces entre logiciels étant coûteuses à développer et à maintenir, il est intéressant de réduire leur nombre en définissant un modèle de données partagé. C'est ce qu'illustrent les deux schémas ci-après inspirés de présentations de l'Association Internationale pour l'Interopérabilité (IAI) créée en 1995<sup>2</sup>. Devenue depuis BuildingSmart international, elle a défini plusieurs standards dont les IFC, modèle conceptuel de données orienté objet.

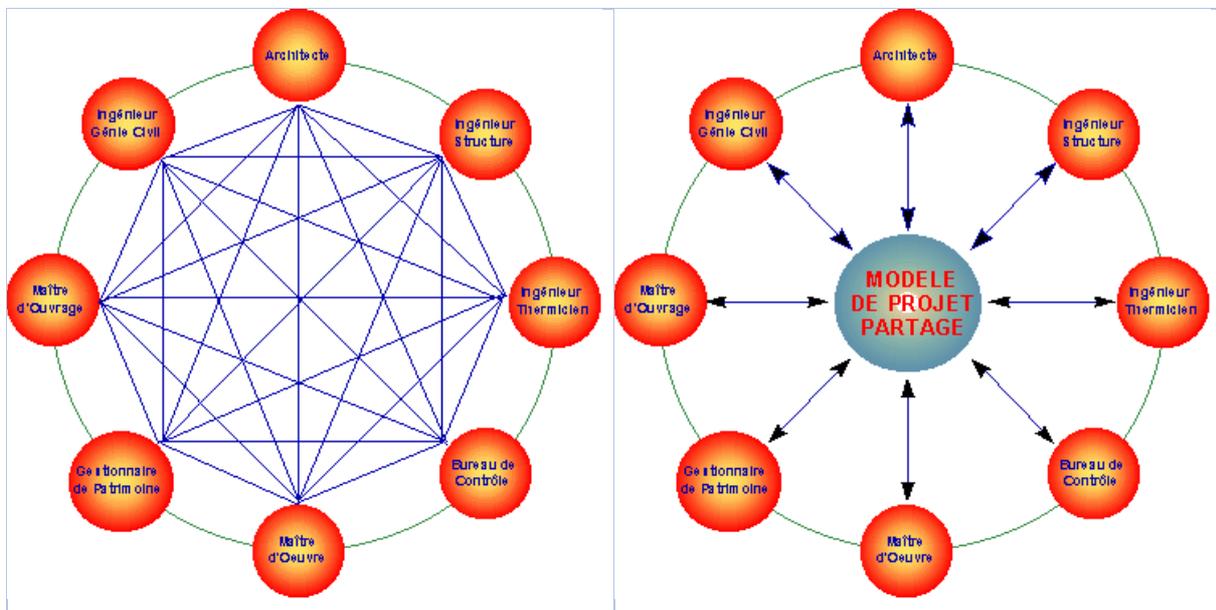


Figure 2. Réduire le nombre d'interfaces grâce à un modèle partagé

La solution d'un modèle pivot devient intéressante à partir de 3 applications et cet avantage est d'autant plus fort que le nombre d'applications est élevé : ainsi, pour 5 applications communicantes, le nombre d'interfaces bi-directionnelles est réduit de 20 à 10.

Si cette question de la multiplication des interfaces entre logiciels a été un des moteurs du développement des IFC, elle mérite d'être réinterrogée vingt ans plus tard à la lumière de l'évolution des techniques et des pratiques professionnelles induites.

<sup>2</sup> <https://www.buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/history/>

## 2.2. De la base de données centralisée à des datasets distribués

Le terme de *Dataset* ou jeu de données est souvent utilisé dans le domaine de l'information géographique. Il désigne un ensemble de données relatives au même système de projection. Il est disponible dans un format adapté à son type (image pour les modèles numériques de terrain et les ortho-images, vecteur pour les objets ponctuels, linéiques et surfaciques). Pour modéliser un territoire, l'utilisateur d'un logiciel SIG collectera et exploitera plusieurs datasets (le modèle numérique de terrain, les parcelles, les emprises des bâtiments, les ortho-images, etc.)

On peut se procurer des datasets auprès de l'IGN qui produit et maintient plusieurs bases de données<sup>3</sup> mais aussi auprès des collectivités qui diffusent des données ouvertes ou libérées<sup>4</sup> ou encore sur Open Street Map<sup>5</sup>. Il est utile de connaître le contenu des datasets et le comité technique 211 de l'ISO a défini un modèle de métadonnées qui sert de base à la structuration de catalogues de données géographiques. [Métadonnées, 2014].

Dans le bâtiment, le besoin de formaliser des métadonnées est à l'origine de la définition de chartes de nommage de fichiers. Le nom d'un fichier de plan ou d'une maquette numérique contient par exemple la référence à l'étendue (le bâtiment complet, un niveau,...), l'émetteur, le type de document, la spécialité, la phase et l'indice de révision pour distinguer les versions successives. Certaines plateformes collaboratives imposent la saisie des métadonnées d'un document dans différents champs pour aboutir au même résultat : avoir une indication sur le contenu d'un dataset sans avoir à l'ouvrir et pouvoir sélectionner aisément des datasets par une recherche multicritères.

Dans cet article, nous appelons *Dataset* un jeu de données faisant partie du système d'information d'un projet de construction. Ce jeu de données est disponible sous la forme d'un fichier dont le format correspond au type de données qu'il contient. Les données contenues dans le *Dataset* sont géolocalisées dans la plupart des cas et font alors référence au même repère.

Ces datasets désignent des réalités multiples, des données plus ou moins élaborées et les métadonnées associées sont plus ou moins formalisées. En voici quelques exemples :

- La maquette numérique d'un bâtiment pour la discipline Chauffage Ventilation Climatisation (CVC), fournie dans un fichier IFC ;
- Un objet BIM selon plusieurs niveaux de détail, défini spécifiquement pour un projet, enregistré au format RFA ou GSM à l'aide du plugin LENA<sup>6</sup> de Rhinoceros;
- Un fichier XLS conforme au format COBie [BS 1192-4, 2014] ;
- Le fichier du plan du 1er étage au format DWG ;
- Un fichiers csv contenant des coordonnées de points qui conditionnent la position d'éléments ponctuels dans un autre fichier.

---

<sup>3</sup> BD TOPO, ALTI, ORTHO, ADRESSE,... (<http://professionnels.ign.fr/donnees> )

<sup>4</sup> Exemples : Open Data Toulouse Métropole ([//data.toulouse-metropole.fr/](http://data.toulouse-metropole.fr/)), Open Data Paris ([//opendata.paris.fr/](http://opendata.paris.fr/)), data Grand Lyon ([//data.grandlyon.com/](http://data.grandlyon.com/))

<sup>5</sup> <http://openstreetmap.fr/>

<sup>6</sup> <https://info.bimobject.com/bimscript>

## 3. Principales solutions techniques pour l'échange entre applications

### 3.1. Echanges entre applications via un outil d'intermédiation

Dans les domaines du bâtiment comme de l'information géographique, certains éditeurs se positionnent sur l'échange et la transformation de datasets.

L'importance du marché de l'information géographique a suscité le développement de standards par l'Open Geospatial Consortium dans un partenariat étroit avec le comité technique 211 de l'ISO. Il n'en demeure pas moins que de très nombreux formats de fichiers sont utilisés aujourd'hui ce qui explique le succès d'un outil comme FME de la société SAFE.

FME permet de connecter des applications, de transformer des données et d'automatiser des processus<sup>7</sup>. Dans l'exemple suivant<sup>8</sup>, les locaux d'un bâtiment sont exportés sous la forme d'un tableur à partir de la maquette numérique d'un bâtiment au format IFC. Après complément de saisie avec le tableur, un deuxième traitement assure la mise à jour de la maquette IFC à partir du contenu du tableur.

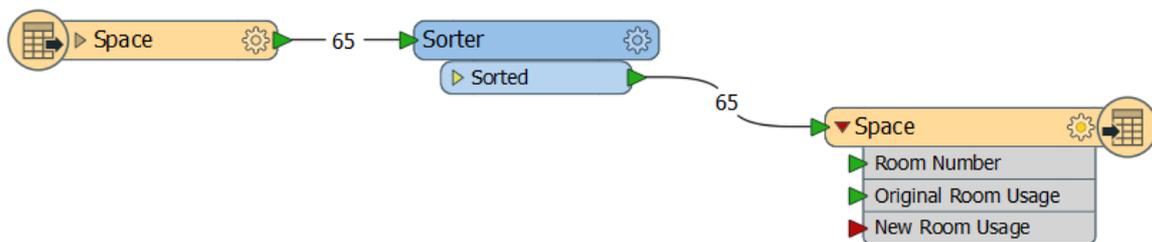


Figure 3. Extrait de l'interface de FME

Autres exemples de processus automatisables par FME : la transformation d'un fichier IFC en LOD 200<sup>9</sup> en un fichier CityGml en LOD 3<sup>10</sup>. On peut ainsi développer des passerelles entre le monde du BIM et la norme IFC et le monde des SIG et le standard CityGML. Ces transformations sont toutefois complexes et ne peuvent être spécifiées que par une personne dûment formée à l'outil et connaissant bien les modèles IFC et CityGML

### 3.2. Echanges entre applications via un format standard

La version 4 des IFC est la norme ISO 16739 et le format de fichier IFC est conforme à la norme ISO 10303-21. On notera que ce format est remarquablement stable : la première édition date de 1994 et celle qui est utilisée aujourd'hui date de 2002, avec des compléments en 2016 pour prendre en compte notamment la signature électronique et le format compressé.

<sup>7</sup> FME supporte plus de 350 formats et modèles de données associés.

<sup>8</sup> Updating IFC Example. <https://knowledge.safe.com/articles/594/updating-ifc-example.html>

<sup>9</sup> Au sens de la spécification du BimForum. <http://bimforum.org/lod/>

<sup>10</sup> LOD est pris au sens « Level Of Development », concept issu du standard CityGML. <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>

La plupart des logiciels du secteur de la construction sont aujourd’hui capables d’échanger en IFC en export et en import<sup>11</sup>. C’est la seule solution neutre et ouverte pour l’échange de maquettes numériques. Il peut arriver que l’utilisateur soit confronté à des problèmes lors de l’import d’un fichier IFC. Plusieurs origines sont possibles, que nous allons mettre en évidence en suivant les étapes de l’échange entre une application A (émetteur) et une application B (receveur) :

Etape	Qui	Commentaire
<b>1</b> Modélisation des informations à transmettre dans le fichier IFC	Utilisateur A	Le modeleur BIM est souvent tenu de respecter un cahier des charges BIM imposé par le maître d’ouvrage
<b>2</b> Réglage des principaux paramètres d’export : – Etendue (les éléments visibles, tout le projet, certaines classes d’objets,...) – Propriétés à exporter : autres les psets définis dans la norme (ex : psetWallCommon), les quantités de base ou encore les propriétés propres au logiciel émetteur – Correspondances entre les catégories d’objets proposées à l’utilisateur et les classes IFC	Utilisateur A	L’un des paramètres d’export est la vue, sous-ensemble du modèle complet des IFC. Plusieurs ont été définies par BuildingSmart <sup>12</sup> , ainsi qu’un standard pour les représenter, MVDxml <sup>13</sup> . D’autres peuvent être définies en réponse à des exigences bien précises.
<b>3</b> Contrôles de qualité et de conformité au cahier des charges BIM	Utilisateur A ou tiers	Auto-contrôle du modeleur et/ou contrôle du coordinateur BIM [MOP]
<b>3</b> Publication sur une plateforme collaborative.	Utilisateur A	
<b>4</b> Téléchargement du fichier, réglage éventuel de paramètres d’import et import ou ouverture du fichier dans B	Utilisateur B	Contrôle du processus et de son résultat.

Tableau 1. Etapes de l’échange entre une application A (émetteur) et une application B (receveur) via un fichier IFC

Un problème d’échange peut trouver son origine dans la façon dont la modélisation a été effectuée avec A (incomplétude de la modélisation des locaux d’un bâtiment, absence de regroupements de locaux,...) mais aussi dans les réglages effectués lors de l’étape 2.

Le fait que le fichier d’échange soit disponible en IFC permet à un des utilisateurs impliqués dans l’échange ou à un tiers (coordinateur BIM, BIM manager, AMO BIM) d’analyser le contenu de l’échange.

L’application B peut aussi avoir des difficultés à interpréter correctement le contenu du fichier d’échange.

Par expérience, beaucoup de problèmes se résolvent en revenant aux étapes 1 et 2, sur la façon de modéliser et d’exporter le modèle en IFC. Le groupe de travail « IFC et interopérabilité » de Mediaconstruct est parvenu à la conclusion qu’il fallait que B explicite mieux ses besoins que A méconnaît parfois. A est par ailleurs susceptible de transmettre des informations à plusieurs applications. Le cas le plus fréquent, c’est une maquette numérique produite par un architecte utilisant A, maquette qui sera exploitée par le BET structure, le

<sup>11</sup> <https://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/>

<sup>12</sup> <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition>

<sup>13</sup> <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/mvd-overview>

BET fluides et l'Economiste. Suite à ce constat et dans le but de diffuser de bonnes pratiques, les éditeurs de logiciels ont commencé à rédiger et publier des fiches de spécification du processus à suivre pour que les besoins d'information de B soient correctement satisfaits par les informations provenant de A [Mediaconstrut, 2017].

Ce processus d'échange implique plusieurs personnes. Il est partiellement automatisé et des contrôles resteront longtemps nécessaires. Il semble incontournable lors de la production et de la publication des livrables dus en fin de phase. Il présente toutefois un inconvénient majeur, c'est le manque de réactivité qu'il entraîne.

Dans un monde idéal où les applications seraient parfaitement interoperables, les informations seraient transmises de façon fluide. La coopération des intervenants en serait grandement facilitée et on n'hésiterait pas à évaluer le projet beaucoup plus tôt, même avec des données encore imprécises et sujettes à des modifications ultérieures.

### 3.3. Données liées (Linked data)

*“ Les données liées sont la publication de données structurées sur le web et reliées entre elles pour constituer un réseau global d'information accessibles via un système de requêtes.”* [PTNB, 2017]

Ces technologies issues du web sont prometteuses car elles permettent *“la publication (ou le partage), l'interconnexion et la réutilisation de ressources (données) hétérogènes.”* [PTNB, 2017].

Au sein de BuildingSmart, le groupe de travail “linked data” a spécifié ifcOWL, représentation du modèle IFC sous la forme d'une ontologie [ifcOWL, 2017]. Il a également démontré par plusieurs “preuves du concept” le potentiel des données liées à prendre en charge certains traitements du contenu de fichiers IFC [Mendes et al., 2014] [Pauwels et al., 2016].

## 4. Interopérabilité dynamique par modélisation des flux de dataset

### 4.1. Un outil de gestion et de transfert de datasets

Flux.io est un outil très proche de l'idée de données liées présentée précédemment.

FLUX.io<sup>14</sup> se présente comme un outil qui associe un système central de base de données en ligne, un ensemble de plugins en nombre limité et une interface de modélisation des flux et des traitements de données en ligne. L'idée est que, depuis des plugins installés sur des applications logicielles diverses (Excel, Revit, Rhinoceros, Grasshopper, Dynamo, Autocad, etc), des données peuvent être envoyées et reçues nativement via une plateforme web (voir illustration ci après). Ces données peuvent être lues et utilisées dans chaque application. Ces échanges sont organisés par projets et par "data keys" qui correspondent à des datasets. Ils peuvent être paramétrés pour être synchrone ou non, et être effectués par tout utilisateur "invité" à un projet spécifique.

---

<sup>14</sup> <https://flux.io>

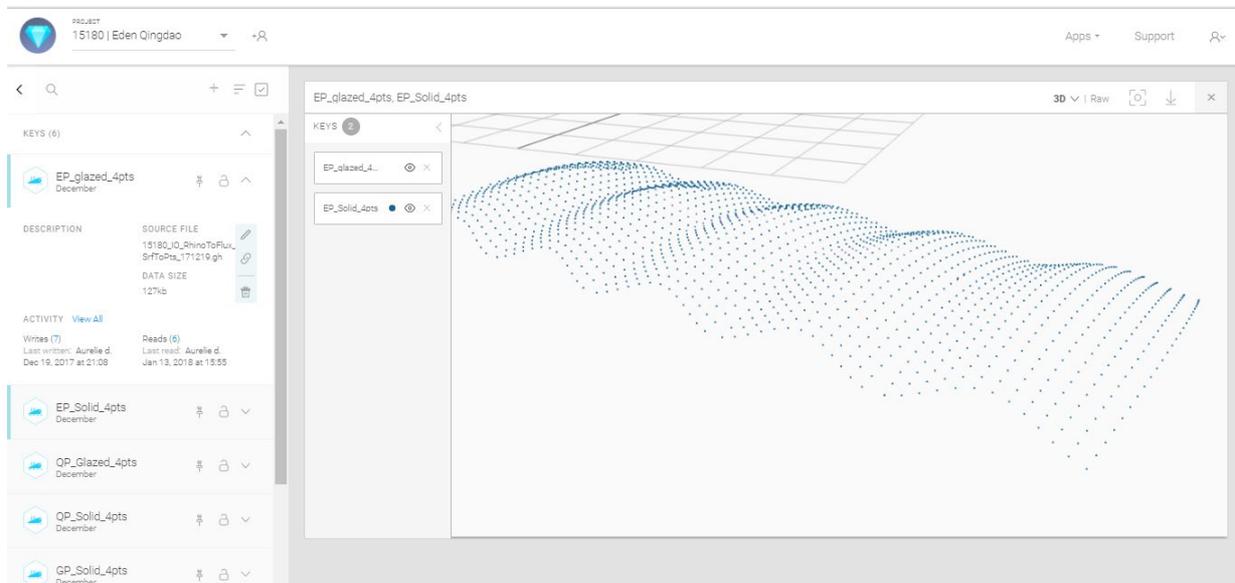


Figure 4. Exemple de l'interface de flux.io : à gauche, les datasets envoyées sur la plateforme ; à droite, la visualisation d'un de ces datasets

Cet outil est particulièrement adapté dans un contexte où les échanges entre applications doivent être assez rapides pour permettre de multiples itérations. Il permet d'établir des liens bi-directionnels natifs et ciblés.

La plateforme flux.io héberge les data sets envoyés par les différents plugins mais permet aussi :

- de manipuler et transformer ces données en lignes via un outil appelé "flow",
- de visualiser les données sous différentes formes (visualisation géométrique, quantitatifs, graphes, tableau de bord ...)

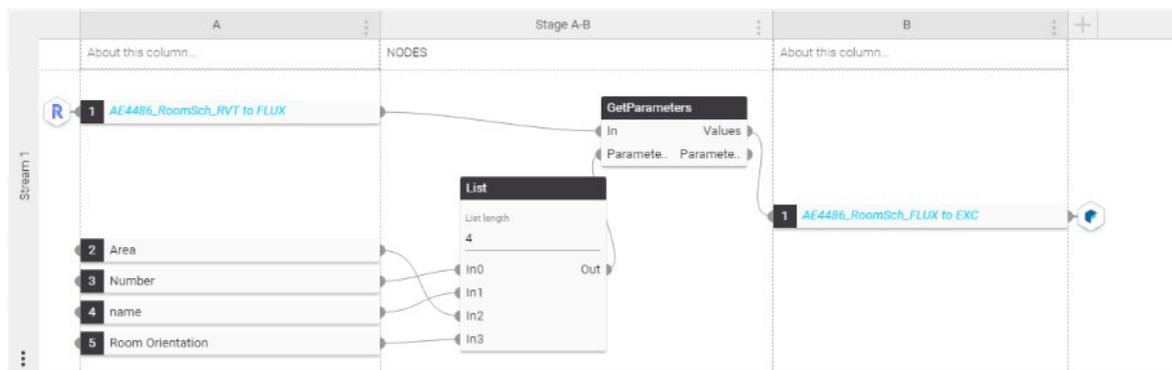


Figure 5. Exemple de l'interface du Flow de flux.io. Des données reçues (à gauche en "A") sont transformés ("Stage A-B") pour obtenir un nouveau data set "B"

## 4.2. Interopérabilité dynamique et fédération des données

On observe donc au travers des outils d'interopérabilité FME et flux.io présentés dans cet article qu'une *interopérabilité dynamique* est possible. Ces solutions techniques sont flexibles et efficaces, extrêmement adaptées au rythme et aux exigences des échanges nécessaires pendant la conception. Ces outils d'intermédiation relèvent de la fédération de datasets natifs plutôt que de l'intégration de ces datasets dans un format tiers. Certains de ces datasets pourront constituer par ailleurs, en fin de phase, les livrables à publier. La programmation de

ces flux présente des points communs avec les outils de programmation visuelle (comme Grasshopper ou Dynamo) puisqu'elle consiste à assembler et connecter des composants logiciels préexistants.

L'avantage principal de ces outils est l'automatisation des échanges qui est un des enjeux de l'interopérabilité. Cela va dans le sens d'une multiplication de flux d'échange en réponse à des exigences bien établies (Exchange Requirements) et formalisées dans des fichiers au format MVDxml exploitables par des applications et notamment des applications de contrôle de conformité. C'est la solution actuellement implémentée dans la plateforme collaborative développée par le CSTB pour le compte du Plan de Transition Numérique du Bâtiment.

Ces solutions présentent toutefois plusieurs inconvénients :

1. Les extensions ont été développées pour un nombre limité d'applications
2. Les traitements encapsulés dans des extensions ou des fonctions de transformation de données qui sont autant de boîtes noires
3. Ils s'affranchissent de la référence que constitue aujourd'hui les IFC

### 4.3. Retours sur des pratiques d'agence : de Flux aux IFC

Dans des agences d'architecture comme Grimshaw, les pratiques conjuguent déjà la réactivité que permet l'automatisation de la fédération de flux d'informations et une interopérabilité basée sur les IFC. En particulier, une interopérabilité dynamique entre des outils de modélisation paramétrique et des outils de modélisation plus riches sémantiquement est particulièrement adaptée à un contexte d'échange de données "work in progress". Ces bases de données fédérées natives peuvent à tout moment être intégrées dans un format IFC pour être partagées (voir figure ci dessous).

Il ne s'agit pas d'un environnement BIM de niveau 3 au sens d'une base de données partagée (sauf pour un dataset qui contiendrait une maquette partagée par plusieurs utilisateurs du même logiciel) mais bien d'un ensemble de datasets dont la fédération peut être considérée comme le système d'information du projet. Ce système doit être cohérent. Des fonctions doivent être appliquées à certains datasets pour automatiser certaines transformations. On ne cherche pas à intégrer directement certaines informations produites par un logiciel dans un autre logiciel. Les données sources restent sous le contrôle de chaque logiciel auteur.

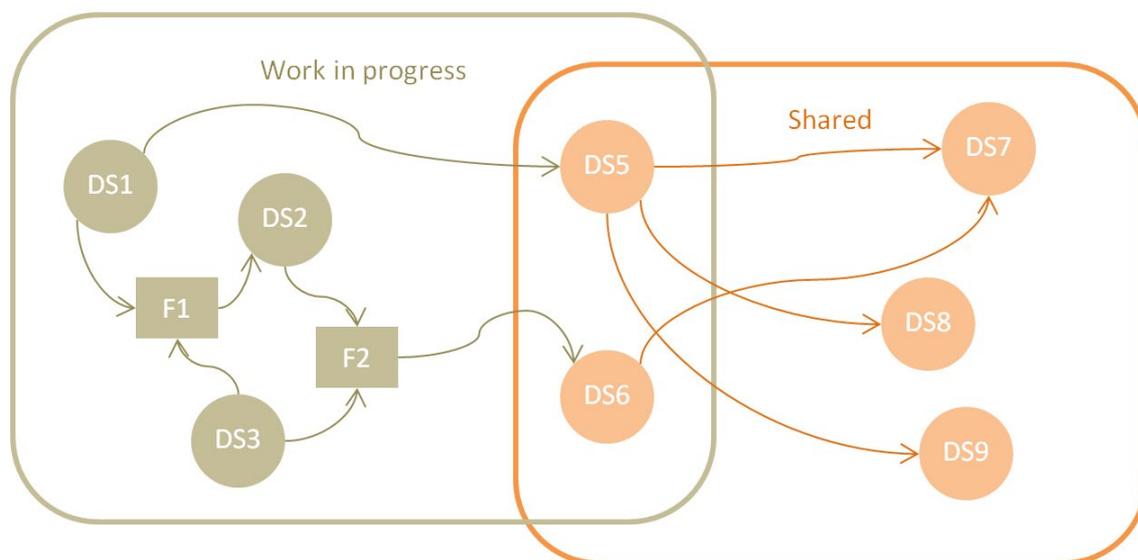


Figure 6. Datasets fédérés dans l'espace "shared" ou "work in progress"

## 5. Pratiques d'agence : implémentation, expertise, formation

### 5.1. Usages de l'interopérabilité dynamique chez Grimshaw

Chez Grimshaw, l'interopérabilité dynamique par échange de datasets est très utilisée, en particulier pour les projets qui demandent des itérations de conception très rapides tout en nécessitant la production de modèles de données riches. Par exemple il est courant de devoir produire des IFC comme livrables pour un concours (une phase où le projet est peu détaillé et où les options de conception sont très nombreuses), tout comme de changer drastiquement des éléments de la conception dans un projet qui est déjà à un stade de définition avancée. Dans ces situations, l'interopérabilité entre des outils de modélisation très agiles (comme Rhinoceros et Grasshopper) et des outils permettant une modélisation plus détaillée (comme Dynamo et Revit) est cruciale pour la faisabilité des livrables, la qualité du projet et la réactivité des équipes.

Ces pratiques d'interopérabilité sont parfois mises en oeuvre au moyen de solutions logicielles hétérogènes comme avec des plugins qui focalisent sur des liens uni ou bi-directionnels entre certains logiciels ciblés : comme *mantishrimp*<sup>15</sup> pour Grasshopper et Dynamo, *Rhynamo*<sup>16</sup> pour Rhinoceros et Dynamo. Mais flux.io a permis de déployer cette pratique d'interopérabilité dynamique au sein de l'agence. En effet, cet outil est plus facile d'utilisation que les plugins utilisés précédemment, dans la mesure où il fonctionne de la même façon en import et en export pour toutes ses applications. De plus, il permet d'échanger n'importe quel type donnée sous n'importe quelle structure, tout en conservant l'organisation des données. Ceci est très intéressant en particulier pour faire communiquer ensemble des outils de modélisation paramétrique comme Grasshopper et Dynamo.

### 5.2. Expertises pour la mise en oeuvre de ces processus

L'interopérabilité dynamique répond aujourd'hui à un vrai besoin. Elle permet aux équipes de répondre aux exigences de rapidité et de qualité des livrables qui leur sont demandé. Flux.io est un des outils qui permet de mettre cette interopérabilité dynamique en oeuvre, et il est beaucoup utilisé chez Grimshaw. Mais que l'on ne s'y trompe pas : la mise en oeuvre de cet outil n'est pas sans enjeux. L'implémentation de ces interopérabilités dynamiques rencontre de nombreuses difficultés :

- les différentes applications que l'on fait communiquer entre elles n'ont pas toujours les mêmes tolérances (une courbe produite dans rhino pourra être reçue dans Revit mais sans y être utilisable car hors de sa tolérance, par exemple à cause de l'organisation de ses points de contrôle),
- l'utilisation d'un nombre toujours plus important de logiciels et le développement de nouveaux processus augmentent le besoin en expertise,
- ces nouveaux processus nécessitent d'être organisés et documentés.

---

<sup>15</sup> <https://github.com/ksobon/MantisShrimp>

<sup>16</sup> <https://provingground.io/tools/rhynamo/>

Finally, the steps of data preparation and linking of received data are important. In parallel to the data exchange steps via IFC format (tableau 1) we propose below an example of data exchange via flux.io (see tableau below).

Etape	Qui	Commentaire
1	Utilisateur A	L'architecte est invité à un certain nombre de bonnes pratiques, à la fois dans la définition de son modèle paramétrique et dans son travail géométrique
2	Utilisateur A	Cette étape est clef. Elle sera raffinée en fonction des processus et des datasets voulus. - identification du dataset pertinent à envoyer et de sa structure de données (liste de points organisés par groupe de 3 ou 4, listes de paramètres pertinents, etc.) - contrôle des données à envoyer (valeurs non nulles, etc.) - création d'un dataset dans Flux avec un nommage conforme au standard du projet
3	Utilisateur A ou B	Prévisualisation des données
4	Utilisateur A ou B	Réception des données dans l'application tierce, mise en lien du dataset reçu avec les données existantes (par exemple une liste de points avec une famille de panneau de façade)
5	Utilisateur A ou B	Contrôle des données obtenues. En cas de non cohérence des données retour à l'étape 2

Tableau 2. Etapes de l'échange entre une application A (émetteur) et une application B (receveur) via Flux.io

### 5.3. Développement des savoirs faire et savoir être nécessaire

For implementing these processes, it is not only about training teams in software, but also about accompanying them to deploy a mode of thought by dynamic information system. Globally, three parallel approaches are used at Grishaw :

- Internal training on software, it is about trainings repeating examples of software uses on projects and specific tasks;
- Accompanying during projects, each project involving BIM processes is accompanied by a BIM manager, projects involving dynamic interoperability processes are particularly accompanied by a BIM manager with an expert status in « computational design »;
- Development of an agency culture by valorisation and communication in internal projects and processes.

Finally, the implementation of these interoperability practices solicits at the same time :

- specific skills in the BIM domain, in particular collaborative and organizational skills;
- specific skills in computational thought, such as algorithmic logic and geometric skills.

## 6. Conclusion

L'interopérabilité que nous avons qualifiée de dynamique s'intègre aux pratiques des agences car elle répond à un réel besoin de réactivité des échanges de données dans le contexte des travaux en cours. Elle ne s'oppose pas à un mode d'échange de données par format ouvert plus classique, mais au contraire vient le compléter, voire le facilite dans la phase de préparation des livrables. Le retour d'expérience de Grimshaw révèle que les savoirs et savoirs faire nécessaires à la mise en oeuvre d'une interopérabilité dynamique relèvent autant du domaine du BIM que de celui de la pensée computationnelle.

Les solutions que nous avons analysées ou que nous pratiquons assurent la transformation et le transfert de datasets variés. On peut leur reprocher un certain manque de transparence en particulier dans la structuration des données. Pour certains types de datasets, elle pourrait être définie par référence au modèle IFC, ce qui serait un moyen de conjuguer l'interopérabilité classique avec une interopérabilité dynamique basée sur des outils de modélisation de flux.

## Bibliographie

[BS 1192-4, 2014] BS 1192-4:2014, Collaborative production of information. Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie. Code of practice

[BS 1192-2, 2013] PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. <http://bim-level2.org/en/standards/>

[BUILD] <https://www.buildingsmart.org/standards/rooms-and-groups/linked-data-working-group/> consulté le 13/01/2018

[FLUX.IO] <https://flux.io/howitworks/>

[ifcOWL, 2017] <https://github.com/BuildingSMART/ifcOWL> consulté le 13/01/2018

[Mendes et al., 2014] Tarcisio Mendes de Farias, Ana Roxin, Thomas Durif, Florian Orpelière, Christophe Nicolle. « Enrichissement sémantique d'un fichier IFC pour une extraction partielle dynamique », Actes du 6ème Séminaire de Conception Architecturale Numérique, 2014.

[Metadonnées, 2014] Information géographique - Métadonnées - Partie 1: Principes de base ( [ISO 19115-1:2014](https://www.iso.org/standard/54541.html) )

[Mediaconstrut, 2017] Fiches d'échanges - Méthodes d'échanges point à point entre logiciels BIM. <http://bimstandards.fr/echanger-en-bim/fiches-echanges/>

[Pauwels et al., 2016] Pauwels Pieter, Ana Roxin. « SimpleBIM: From full ifcOWL graphs to simplified building graphs », *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: ECPPM 2016*, CRC Press, pp.11-18, 2016

[PTNB, 2017] FEUILLE DE ROUTE NORMALISATION. Stratégie française pour les actions de pré-normalisation et normalisation BIM appliquées au bâtiment. Linked data pp 13-14. Décembre 2017.

<http://www.batiment-numerique.fr/uploads/DOC/PTNB%20-%20FdR%20Normalisation%20V2%20-%202012.2017%20web.pdf>