

### ÉPREUVE DE PROJET

#### SPECIALITÉ « SIG ET TOPOGRAPHIE »

---

**NOTE OBTENUE : 12 / 20**

Communauté d'agglomération (Ingelo),  
Ville centre (Ingéville)

le 17 juin 2021

#### QUESTION 1

Face à la gestion de plus en plus complexe des territoires, les collectivités territoriales doivent se doter d'outils leur permettant de prendre les meilleures décisions.

##### I. Vers une réalité virtuelle

###### a. Concepts et enjeux du BIM

Le BIM (Building Information Modeling) se définit par deux principes. Le premier est la maquette numérique 3D. Il s'agit d'une représentation 3D des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un ouvrage. À cette dimension spatiale on ajoute la dimension « data », c'est-à-dire la dimension alphanumérique qui va permettre de décrire les données financières, environnementales et patrimoniales. Au global, c'est une base de données techniques constituée d'objets avec leur description et les relations entre chacun d'entre eux. Le deuxième principe du BIM est le processus technique de la création à l'exploitation des données. La maquette BIM n'est donc pas constituée seulement de composants 3d mais également de propriétés géométriques descriptives, de positionnement et de liaison. Le BIM est multi-échelle, il est un atout de tous les acteurs. Des standards BIM ouverts existent ce qui permet au PIM d'être en open data. Sous le nom d'OpenBIM, il faut référence aux normes du BIM qui touchent trois domaines : les dates, les liaisons et les processus techniques. L'OpenBIM permet ainsi l'opérabilité des données, ce qui implique la pérennité des données dans le temps et quel que soit l'opérateur. Grâce à ce concept, il est plus aisé de promouvoir le territoire et ses projets de transformation. Ainsi, les collectivités peuvent impliquer les citoyens dans la prise de décision. Les quartiers virtuels en 3D permettent une vision claire et dynamique des projets politiques publics. Les citoyens peuvent prendre part à la prise de décision. Pour les collectivités, le principe d'impliquer les citoyens est un enjeu démocratique et culturel.

Un autre enjeu touche l'aspect environnemental. Le BIM aide les élus à aménager leur territoire en tenant compte de l'impact écologique. En réalisant des simulations, ils peuvent comparer les différentes solutions et choisir celle qui aura le plus faible impact sur l'environnement. Ainsi, l'empreinte carbone serait réduite. L'enjeu financier est également de taille, car le BIM permet d'optimiser les infrastructures. Des gains opérationnels sont réalisés grâce à la planification inclusive et à la mutualisation des moyens.

###### b. Les bénéfices et les points de vigilance

Grâce au BIM, la maquette 3d permet d'avoir une réplique de la ville. CE qui permettra d'expérimenter des politiques en toute sécurité. Cet outil permet de faire des simulations sans aucun risque. Ainsi, la maquette 3D d'un ouvrage permet de suivre toutes les étapes de son cycle de vie. Il permet de voir son évolution au fur et à mesure des modifications, des rénovations, de la maintenance de l'ouvrage. C'est un réel outil d'aide à la décision. Il permet une optimisation de la gestion du territoire et des ouvrages.

Les limites actuelles de BIM restent la puissance du calcul informatique. Ces calculs peuvent demander plusieurs dizaines d'heures. Ensuite, il s'agit de bien définir les usages du BIM. C'est une condition essentielle à la réussite de la démarche. Il s'agit de bien définir et fournir son référentiel de données afin que la numérisation du patrimoine soit intégrable dans son outil informatique.

Un dernier point de vigilance à apporter est la formation des agents. Étant donné la complexité du concept, il est primordial de former les agents impliqués dans la démarches aux outils BIM.

### QUESTION 2

Communauté d'agglomération (Ingélo)

le 17 juin 2021

NOTE à l'attention du Directeur des  
Projet d'Équipements Publics

Interopérabilité BIM/SIG en intégrant IoT

#### Les usages et les convergences BIM/SIG couplés à IoT

L'association BIM/SIG a pour objectif de mettre en œuvre des « jumeaux numériques » (digital twin). Il faut réussir à faire converger les données techniques issues du BIM avec les données spatiales et alphanumériques du SIG. Le couplage est alors utile à la planification et à l'exploitation des ouvrages et infrastructures. Cela permettra d'aider à la conception des projets de construction. L'idée c'est d'avoir une connaissance plus fine et d'ainsi optimiser la conception des projets, de réduire les coûts et de créer des villes plus intelligentes (smart city).

Cette convergence des outils couplée à l'intelligence artificielle des objets connectés à internet permet de donner une dimension supérieure. En effet, cela permet de donner plus qu'une vision de l'ouvrage à un instant donné. La synchronisation en temps réel par les données fournies par les objets connectés est alors possible.

L'interopérabilité de ces trois outils permet de faire de la maintenance prédictive, de prévoir des incidents structurels d'ouvrages par exemple.

Un exemple d'ESRI qui s'est servi de ces applications SIG couplées à l'Intelligence Artificielle (IA) : une voiture équipée d'une caméra sur le toit parcourt les routes. Avec la méthode du LIDAR, il constitue un nuage de points. Une classification est opérée sur les impacts de la route allant de la petite fissure aux nids de poules. À partir de l'ensemble de ces techniques, un script est ensuite exécuté, ce qui résulte par une cartographie des points de la route des non-conformités. Ce qui est le plus rapide et moins coûteux que les méthodes traditionnelles.

Les usages sont ainsi nombreux, ils vont de la planification urbaine : simuler la circulation des voitures pour permettre de voir les impacts sur les déplacements d'un projet architectural, au marketing territorial : créer une maquette dynamique virtuelle 3D1. D'ailleurs le Grand Lyon a entamé la modélisation 3D de son territoire à des fins de marketing territorial.

#### Les points de vigilance associés

Les données SIG s'appliquent à l'échelle de la ville ou d'un périmètre donné alors que les données BIM, elles, se rattachent à un ouvrage spécifique. La fusion de ces deux échelles devient compliquée et demande une expertise technique forte. Il s'agit donc de veiller aux compétences techniques des agents travaillant sur la combinaison de ces trois outils, sinon prévoir des formations techniques très ciblées.

Pour tout projet de ce type, il est important de répondre aux questions suivantes : qui se porte garant de la donnée numérique et quelles sont les architectures nécessaires ?

Il s'agit donc de bien appréhender les outils nécessaires, les infrastructures nécessaires et les compétences.

### QUESTION 3

Du fait de la complexité et de la transversalité de la démarche, nous déclinons les étapes à mener pour engager une démarche BIM.

#### I. Engager une démarche stratégique BIM

##### a. Le contexte

La communauté d'agglomération souhaite engager une démarche BIM dans le cadre de la conception et de la construction de l'équipement public culturel intercommunal. Ce projet concerne la création d'un bâtiment de 4000m<sup>2</sup> avec plusieurs niveaux et dédiés à de multiples activités culturelles.

L'EPCI dispose de ressources en interne pour s'occuper de la maintenance, pour piloter les démarches liées à la sécurité et au handicap. Elle assurera également en régie la partie gestion des énergies.

La gouvernance sera menée par les élus : le président de communauté d'agglomération, l'élu en charge du patrimoine ainsi que l'élu en charge des systèmes d'information.

Avec le Directeur Général des Services, le DSI, ils formeront le comité de pilotage (COPIL). Celui-ci priorisera les actions et arbitrera. Il nomme un BIM coordinateur par une lettre de mission qui comprendra la commande politique et les objectifs. Le BIM coordinateur sera ainsi légitime pour piloter cette démarche en mode transversal.

L'objectif de la démarche est de construire mieux, plus vite et moins cher. Et aussi exploiter et maintenir les bâtiments de façon plus efficace. Ceci afin de maîtriser les risques et prendre en considération les enjeux économiques.

### b. Les acteurs clés et leur rôle

Étant donné la complexité et la nécessité d'une expertise technique, le maître d'œuvre choisira des sous-traitants spécialisés en la matière.

Un des acteurs clé est le BIM Manager (responsable BIM). Il définit le contexte réglementaire. Il rédige les CCTP, définit les règles, les outils et également les chartes de modélisation.

Un autre acteur est le BIM coordinateur. Il est le chef d'orchestre du projet, il coordonne les actions et les décisions entre le BIM manager et le maître d'œuvre. Il a également un rôle de superviseur, il contrôle et veille au respect des règles. Il est garant du résultat de la maquette obtenue.

Le BIM modeleur (BIM modeler) quant à lui, s'occupe de représenter l'ouvrage sous forme de maquette 3D respectant le CCTP, il réalise le dossier de permis de construire. Il s'occupe de mettre à jour la maquette 3d si besoin.

Tous ces acteurs sont essentiels pour le bon déroulé de chaque étape.

## II. Les déclinaisons des actions par étape

### a. Le cadre à respecter

Une des clés du projet BIM est de pouvoir s'appuyer sur des normes de process existantes. Le projet BIM est cadré par la norme EN ISO 23386 qui provient de la norme française XP P 07-150. Ses objectifs sont de fournir un processus de gestion et d'introduire la cohérence entre les dictionnaires existants. Une autre norme, celles-ci décrivant l'interaction du BIM dans le management de projet, est la norme ISO 29481-1. Elle permet de spécifier les informations échangées entre les acteurs, à chaque étape du projet.

L'intégration de la méthodologie BIM dans les phases de projet de construction est réglementée. La création de la maquette BIM se déroule en quatre phases. La première concerne l'esquisse de la maquette, il s'agit de recueillir les besoins. La deuxième concerne la phase avant-projet, c'est la phase conception de la pré-étude de faisabilité en associant les données techniques et les données financières. Ensuite, vient la phase d'exécution, c'est la phase d'ingénierie, de conception de la maquette. Et enfin, la dernière phase est de contrôle et de validation de la maquette livrée.

### b. Les prérequis en terme de données

Les données livrées doivent être interopérables. Les données devront pouvoir être partagées. Elles devront respecter la norme ISO 22274 :2013. Cette norme permet de nommer, analyser, organiser, et identifier les composants d'un ouvrage. Il est conseillé de se référer au rapport publié par bsFrance-Médiaconstruct qui détaille ce système de classification. Les données devront respecter le format IFC, c'est un format d'échange de données. CE format devient de plus en plus compatible avec les SIG.

Les commentaires qui seraient associés au modèle 3D doivent respecter le format BCF. Quel que soit le logiciel utilisé, ce format est échangeable. En ce qui concerne les informations no graphiques, elles devront respecter le format COBle. Ce format a pour but de structurer et d'organiser les données.

## QUESTION 4

### a. Futurs équipements

Une démarche BIM ne remet pas en question le projet de conception. Elle va dans le sens d'une meilleure qualité. La démarche BIM complète la démarche classique et s'intègre dès l'étape de programmation jusqu'à la phase de construction. Elle va même au-delà en suivant le cycle de vie de l'équipement, l'exploitation, la maintenance, la réhabilitation voire même la déconstruction. La démarche BIM apporte un gain financier car grâce à la maquette numérique, les maîtres d'œuvre disposent d'informations plus larges et plus précises dès l'avant-projet. La maquette 3D permet de visualiser et communiquer sur son projet auprès des acteurs mais aussi auprès des usagers. Le dialogue est ainsi facilité. On peut noter également des gains de qualité de la construction. Les différents acteurs du projet auront accès à la maquette 3D ce qui facilitera les échanges. Cela permettra également de mieux appréhender le déroulement du chantier et les attendus. La consultation des entreprises sera

ainsi améliorée. Les études seront mieux optimisées. Avoir une modélisation 3d de la construction souhaitée sera plus clair, cela limitera les aléas, les incompréhensions, les désordres et les malfaçons.

### Les équipements existants

En ce qui concerne les équipements existants, la maquette 3D va permettre d'assurer la maintenance de l'ouvrage. Comme le BIM est interopérable, il peut être couplé à un outil de GMAO pour mener à bien les opérations d'exploitation maintenance. Il devient alors un outil performant de gestion patrimoniale.

C'est un outil précieux, également dans le cadre des réhabilitations. Comme c'est une maquette 3D géo-référencée, pas besoin de relevés topographiques complémentaires. La maquette est fidèle à l'ouvrage. Le BIM peut, par ailleurs, permettre la mise en place de la norme ISO 15 686-5 méthode de calcul du coût global d'une opération. CE qui conduit à des gains sur le coût global. Grâce au BIM, tout est mieux anticipé, coordonné, rendant ainsi le chantier plus fluide et mieux maîtrisé. Cette gestion permet d'assurer les délais prévus.

### b. L'ECD est une étape clé pour la mise en œuvre du BIM

La mise en œuvre d'un environnement commun de données est une étape clé. Le processus BIM nécessite le partage des données. En terme de volumétrie, de vélocité et de traçabilité, la mise en place d'une solution de type plateforme est primordiale. Un ECD permet ainsi de centraliser et de donner accès aux acteurs du projet.

Un ECD est un environnement collaboratif encadré, c'est une forme de guichet unique qui enregistre, contrôle et approuve la donnée, qui partage la donnée, qui la publie et qui a un système de sauvegarde. Les éléments du ECD sont définis dans la convention BIM. Cette convention définit les règles d'administration et tout ce qui est lié à l'environnement du projet. L'ECD permet de sécuriser et de fiabiliser les données BIM mises à disposition sur cette plateforme. La pérennité, l'intégrité, la qualité et la disponibilité des données sont ainsi garanties.

L'échange et la centralisation des données sont essentielles dans le processus BIM. L'ECD répond clairement à ce besoin. De plus, l'environnement est cadré par les protocoles définis dans la convention BIM.

### c. Impacts organisationnels

La démarche BIM nécessite un rapprochement entre des services patrimoine, en charge de la construction et ceux de la gestion de l'équipement. Cette démarche touche ces services opérationnels mais également les services financiers, les services systèmes d'informations jusqu'à la gouvernance. C'est un projet transversal qui touche à la fois les services métiers, les services financiers et également le service support informatique.

Une charte BIM est alors nécessaire. C'est un document qui traduit sa politique en objectifs de qualité et de performance attendue. Un coordinateur BIM doit être nommé pour coordonner les actions entre les services internes et les acteurs externes.

Une convention BIM sera élaborée par le maître d'œuvre à partir du cahier des charges BIM préalablement établi. Dans le cadre du marché, le maître d'œuvre sera en charge de cette convention, il sera en charge de la maquette et de la livraison. Il remettra le DOE (dossier des ouvrages exécutés) au maître d'ouvrage. Le maître d'œuvre assure la continuité entre la réception de l'opération et le démarrage de l'exploitation et de la maintenance. Il se charge également du suivi des entreprises de travaux. Des contrôleurs techniques peuvent contrôler les livrables conformément à la norme NFP 03-100.

Les coordinateurs en matière de sécurité deviennent également des acteurs du processus BIM à plus ou moins court terme. La bonne coordination de l'ensemble de ces acteurs sera gage de réussite du processus BIM.

## QUESTION 5

L'intercommunalité d'Ingéco précise à travers son cahier des charges les articles attendus en matière de livrables BIM.

### Données fournies au titulaire

Ingéco fournira au titulaire la maquette numérique territoriale créée et maintenue en interne. Cette maquette suit la norme CITY GML LOD2. C'est une maquette de type raster avec des points géo-référencés en classe de précision de l'ordre de 10 à 20cm en planimétrie et de l'ordre de 40cm en altimétrie.

Ingéco peut mettre également à disposition les données IGN par la plateforme régionale. Ces données IGN seront disponibles sous forme de flux WMS ou téléchargeables en GeoTiff.

Toutes les données relatives au patrimoine propre à Ingéco seront disponibles en vectoriel sous format Shape (format ARCGIS) ou format DWG (format DAO) d'Autocad. Que ce soit les données liées à la voirie, au cadastre (PCI), à l'urbanisme (PLU), aux espaces verts, à l'adressage, elles seront disponibles au format Shape.

Le plan topographique du site relevé en précision centimétrique par un géomètre sera disponible en DWG (format DAO) format standard d'échange compatible avec tous les outils DAO.

### Les livrables BIM

Les attendus en terme de livrables sont :

- la maquette géo-référencée en 3D ;
- le nuage de points relevés par scan 3d et utilisé dans la réalisation de la maquette ;
- le numéro de série des appareils de mesure utilisés ;
- les références techniques du drone utilisé pour les endroits inaccessibles avec le scanner 3d ;
- pour chaque élément, correspondant à un objet BIM, les propriétés géométriques, descriptives, de positionnement et de liaison seront remises.

EN résumé, il s'agit de livrer un e-catalogue des produits livrés.

Les données livrées devront respecter la norme ISO 22274 :2013. Elles devront être interopérables. Le process BIM utilisé devra être indiqué lors de la livraison.

### Organisation de la maquette BIM

La maquette BIM principale du projet regroupera des maquettes BIM secondaires telles que la maquette architecture, la maquette structure et la maquette MEP (mécanique, électricité, plomberie). La maquette architecture comportera les murs, planchers, toitures et ouvertures. Elle viendra en consolidation des éléments de la première maquette. Et la maquette MEP va contenir tous les équipements de gestion. Le maître d'œuvre indiquera le niveau de développement attendu dans les prescriptions techniques. Le contenu de la maquette devra correspondre au modèle concernant le niveau de développement choisi.

Le géo-référencement de la maquette sera établi en RGF93 système de projection Lambert 93, système de coordonnées SCR 3947. L'erreur moyenne quadratique sera inférieure à 20cm, que ce soit planimétrie ou altimétrie. La maquette BIM devra répondre aux standards BIM pour être interopérable et être en Open BIM.

Les formats attendus de la maquette sont le format IFC pour qu'il soit correctement interprété par les « machines » logicielles. En ce qui concerne, les commentaires du modèle 3D, le format attendu est le BFC. Et pour les informations non graphiques, le format attendu est le COBLE.

Au niveau de l'arborescence spatiale, sur l'image raster 3D, se rajouteront les points, arcs, et polygones vectoriels relatant tous les éléments du projet. À cela, se rajoutera en superposition les nuages de points, levés par scan 3D et drones.

### Niveau de définition

Voici les niveaux de définition que la maquette numérique doit atteindre aux différents jalons des étapes du processus BIM. Pour chaque classe d'objets, le BIM management devra spécifier :

- le niveau de représentation : il se décline selon six niveaux de détails géométriques des objets, allant de la non-représentation à la représentation réaliste de l'objet. La non-représentation existe car certains objets ne peuvent pas être modélisés ;
- le niveau d'information : le niveau d'information de la maquette numérique doit être décliné jusqu'à la liste des propriétés attributaires et quantitatives pour chaque classe d'objets. Il s'agit d'indiquer les propriétés attributaires et le nombre concerné ;
- le niveau de documentation : le niveau de documentation est la liste des documents liés aux objets de la maquette. Ces documents sont associés par des liens hypertextes vers un document ou une url ;
- le niveau de complétude : la maquette numérique peut avoir différents niveaux de modélisation en fonction de la ségrégation des maquettes ou selon la phase du projet ;
- le niveau de coordination : c'est le niveau de résolution des interférences spatiales, techniques et réglementaires. Ce niveau doit être le plus élevé possible pour éviter les collisions entre les maquettes.

Ces niveaux de développement permettront de bien gérer la qualité et la quantité des informations à implémenter sur la maquette. Grâce à la transversalité, le BIM apporte une vision territoriale.