

# MODÉLISATION ET SIMULATION (BIM)

LICENSE 3 – UET 5.1

Cours 5

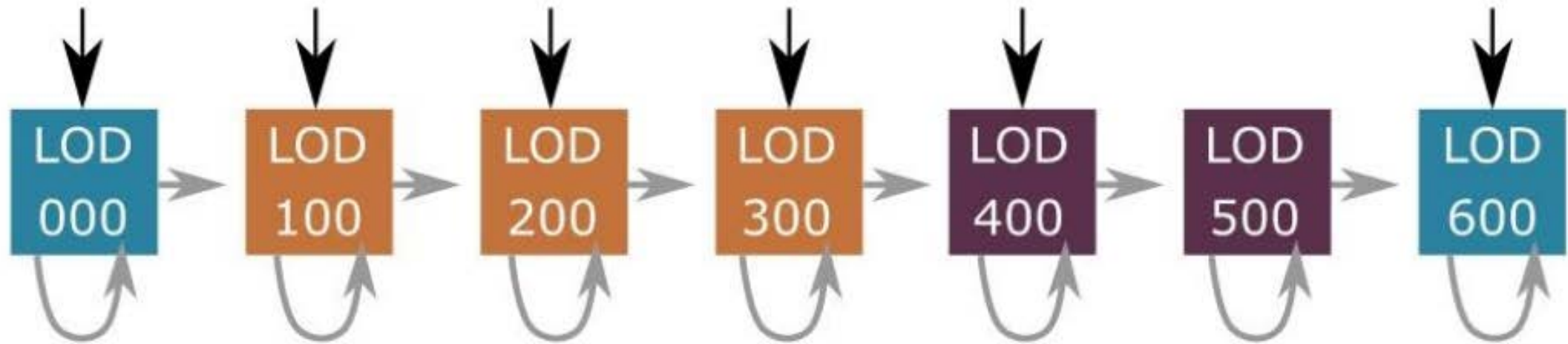
LOD 400, 500 et 600

Programmation

Conception

Construction

Exploitation



**LOD 000 et LOD 600**

Dominante **maitrise d'ouvrage**

**Préparation de l'opération et exploitation**

**LOD 100, LOD 200 et LOD 300**

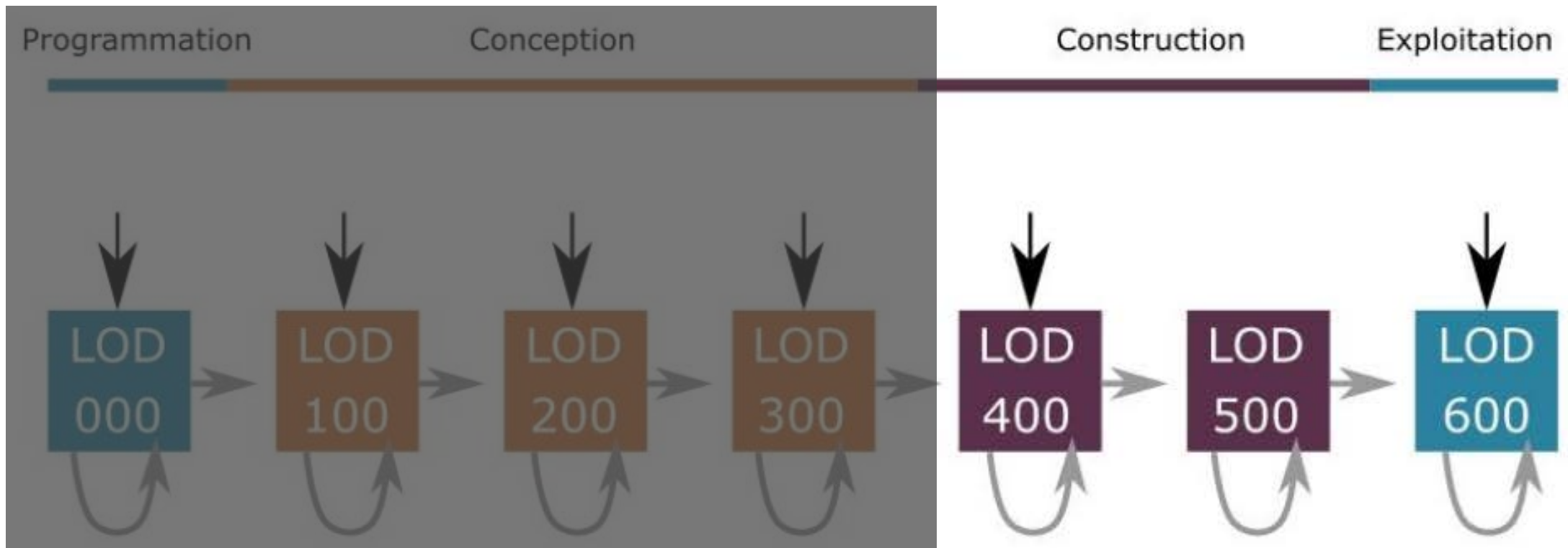
Dominante **maitrise d'œuvre**

**Conception** du projet de l'esquisse aux dessins d'exécution

**LOD 400 et LOD 500**

Dominante : **entreprise industriels**

**Chantier et DOE** (Dossier des ouvrages exécutés)



**LOD 000 et LOD 600**

Dominante **maitrise d'ouvrage**

**Préparation** de l'opération et exploitation

**LOD 100, LOD 200 et LOD 300**

Dominante **maitrise d'œuvre**

**Conception** du projet de l'esquisse aux dessins d'exécution

**LOD 400 et LOD 500**

Dominante : **entreprise industriels**

**Chantier** et **DOE** (Dossier des ouvrages exécutés)

# LOD 400, 500 ET 600

Le présent cours traite de la réalisation du chantier et de l'exploitation du bâtiment par la maîtrise d'ouvrage ne propose qu'un développement synthétique des missions et travaux effectués lors de ces étapes du cycle de vie du bâtiment.

Le LOD 400 présente les travaux réalisés par les entreprises de construction, études et chantier qui se concluent par une formalisation spécifique de la maquette numérique en LOD 500. Ce LOD rassemble les documents des ouvrages exécutés qui seront transmis à la maîtrise d'ouvrage pour l'aider dans les diverses opérations d'exploitation durant laquelle la maquette s'actualise régulièrement selon le LOD 600.

# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

- Le LOD 400 correspond à l'étape du chantier réalisé par les entreprises et se termine par la livraison des ouvrages. Une fois les marchés signés, la maquette numérique s'enrichit des études d'exécution des entreprises et intègre les modifications qui ont pu apparaître lors de la définition des marchés. À cette étape, la maquette est très proche des ouvrages qui seront réalisés.
- Elle fournit une aide efficace à la gestion du chantier car son niveau de définition permet de visualiser les interactions entre les diverses séquences constructives, notamment entre les éléments structurels et les réseaux.
- Le BIM offre ici des avantages majeurs car la concentration des informations traditionnellement éparées garantit une fiabilité dans la planification des ouvrages et permet de chaîner un nombre important de tâches, à partir des mêmes données.

# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

- Le LOD 400 correspond à l'étape du chantier réalisé par les entreprises et se termine par la livraison des ouvrages. Une fois les marchés signés, la maquette numérique s'enrichit des études d'exécution des entreprises et intègre les modifications qui ont pu apparaître lors de la définition des marchés. À cette étape, la maquette est très proche des ouvrages qui seront réalisés.
- Elle fournit une aide efficace à la gestion du chantier car son niveau de définition permet de visualiser les interactions entre les diverses séquences constructives, notamment entre les éléments structurels et les réseaux.

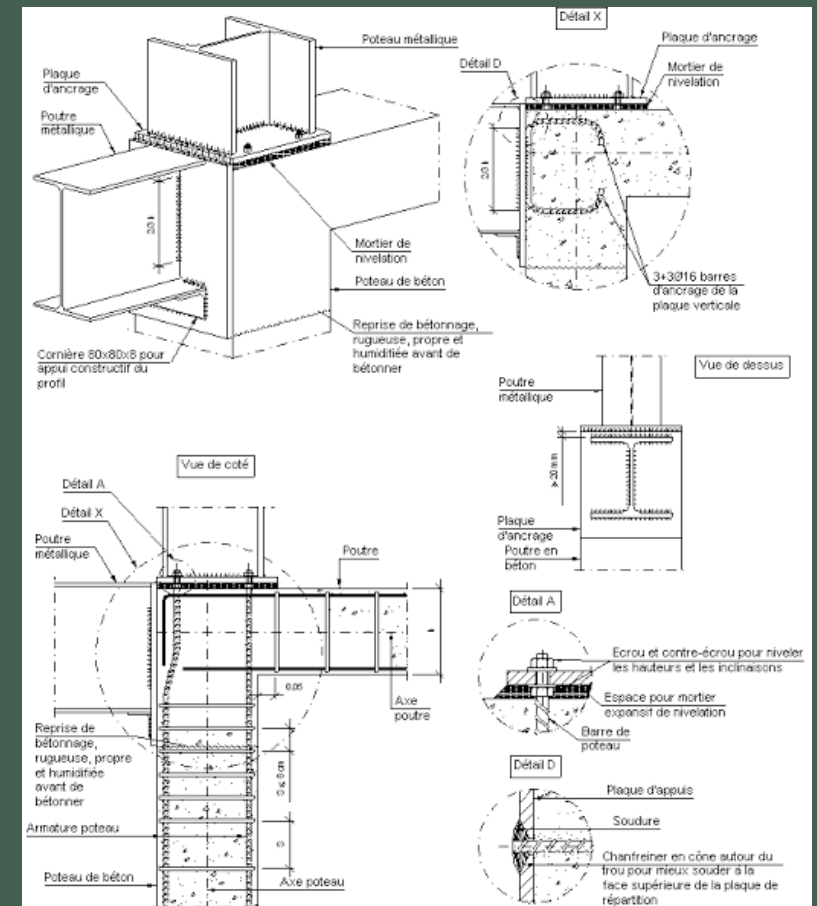
# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

- Le BIM offre ici des avantages majeurs car la concentration des informations traditionnellement éparses garantit une fiabilité dans la planification des ouvrages et permet de chaîner un nombre important de tâches, à partir des mêmes données.
- Avec le BIM, les entreprises peuvent assurer les tâches de préparation du chantier et ainsi, rationaliser plus facilement leurs méthodes de construction. Le BIM offre une nouvelle façon d'effectuer le phasage du chantier car la planification se fait dans l'espace. Des outils interactifs présents sur le chantier augmentent ces nouvelles pratiques de gestion du chantier tout au long de la durée de l'opération.



# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

- Le LOD 400 est la phase de production assurée par les entreprises de construction. Ce sont les intervenants principaux de cette étape auxquels il convient d'associer les fabricants de composants et de matériaux.
- Les acteurs de la maîtrise d'œuvre ont une mission de contrôle et de suivi assortie parfois de mise au point de détails pour résoudre des problèmes qui surviennent au cours de la préparation du chantier ou lors de la construction.
- La maîtrise d'ouvrage vérifie que les ouvrages sont bien conformes à ses attentes. Elle est parfois accompagnée d'usagers. Elle pourvoit au financement du chantier et prend les décisions qui s'imposent en cas d'imprévus.

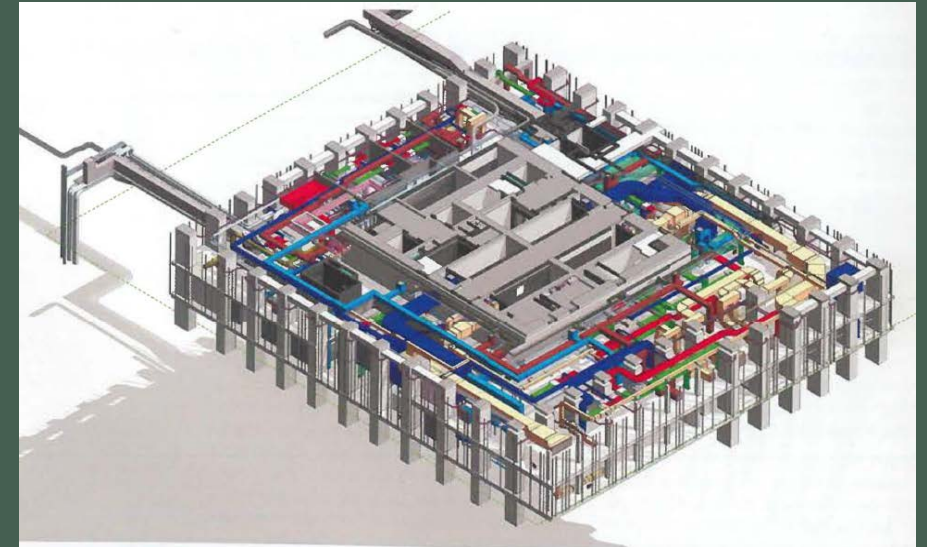




# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

## DONNÉES ENTRANTES

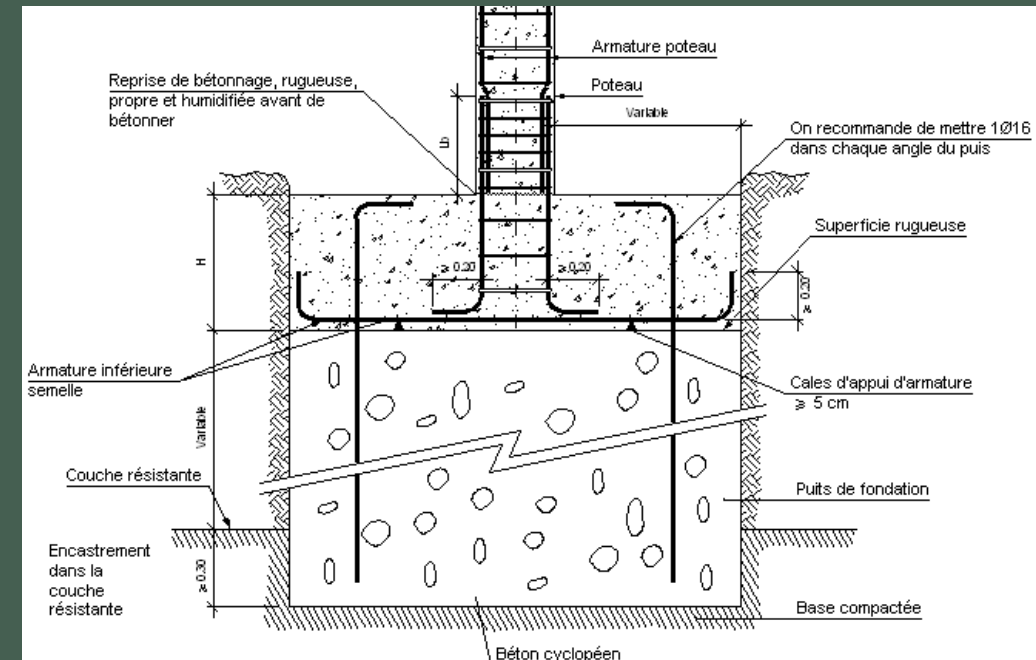
- Pour réaliser leurs documents d'exécution, les entreprises disposent des données de la maquette numérique de LOD 300, organisée par métiers, établie pour la consultation des entreprises. Cette organisation qui correspond à une description des ouvrages par lots permet d'alléger la maquette pour ne fournir que les informations nécessaires.
- Dans l'idéal, les entreprises pour suivent l'enrichissement de la maquette de conception et y intègrent leurs détails de fabrication et plans d'exécution En effet, la maquette de LOD 300 définit l'ensemble des dispositifs techniques de chaque corps d'état. Ceux-ci sont nommés et correctement dimensionnés pour satisfaire à leur fonction.



# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

## LA MAQUETTE AU LOD 400

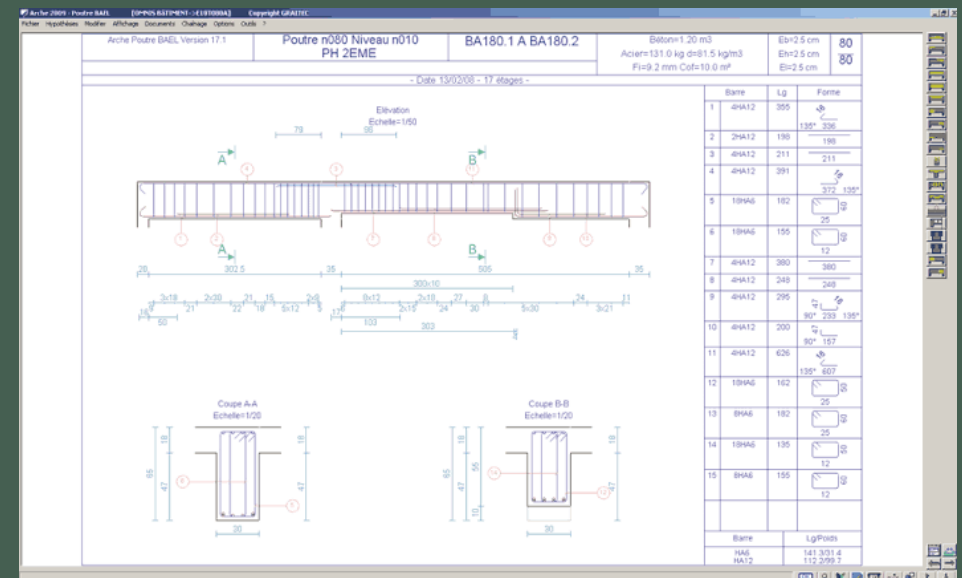
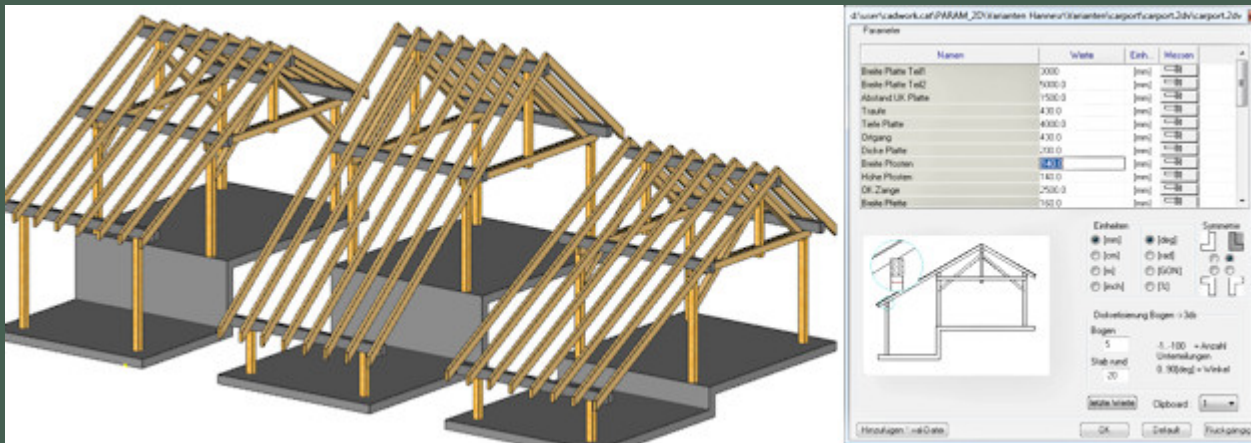
- Le niveau de développement de la maquette de LOD 300 fait apparaître l'ensemble des éléments structurels correctement dimensionnés, l'ensemble des lots techniques avec les réseaux et les équipements, le détail constructif et constitutif de chacun des organes. Ce niveau d'informations assorti éventuellement des notes de calculs, permet d'établir avec précision l'ensemble des quantitatifs.
- À partir de ces informations, les entreprises vont établir la maquette de LOD 400 qui intègre les documents d'exécution nécessaires à la réalisation du chantier, conformes à leur méthode de travail et à leurs outils. Les ouvrages structurels, quelle que soit la technologie, béton, bois ou acier, sont éventuellement adaptés aux techniques de fabrication choisies par l'entreprise.



# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

## LA MAQUETTE AU LOD 400

- La maquette sert aussi à réaliser les plans de chantier, très efficace pour gérer les calepinages de pose et optimiser les chutes.
- Gritec pour le béton, Tekla pour l'acier, Cad Work pour le bois contribuent chacun à leur manière à développer des solutions qui accompagnent les entreprises en vue de fournir des documents d'exécution de LOD 400 à partir de la maquette numérique de LOD 300.



# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

## LA MAQUETTE AU LOD 400

- Avec le BIM, les travaux de la cellule de synthèse, constituée des entreprises concernées par les lots à associer et de la maîtrise d'œuvre, sont moins importants que dans un processus traditionnel.
- En effet, la réalisation de la maquette unique et commune à tous les intervenants nécessite des synthèses régulières qui préparent la synthèse définitive d'avant chantier.
- Celles-ci sont réalisées tout au long de la conception. Cette capacité offerte par la maquette volumétrique est particulièrement intéressante au niveau architectural pour optimiser les encombrements dimensionnels des organes techniques.

# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER CHANTIER

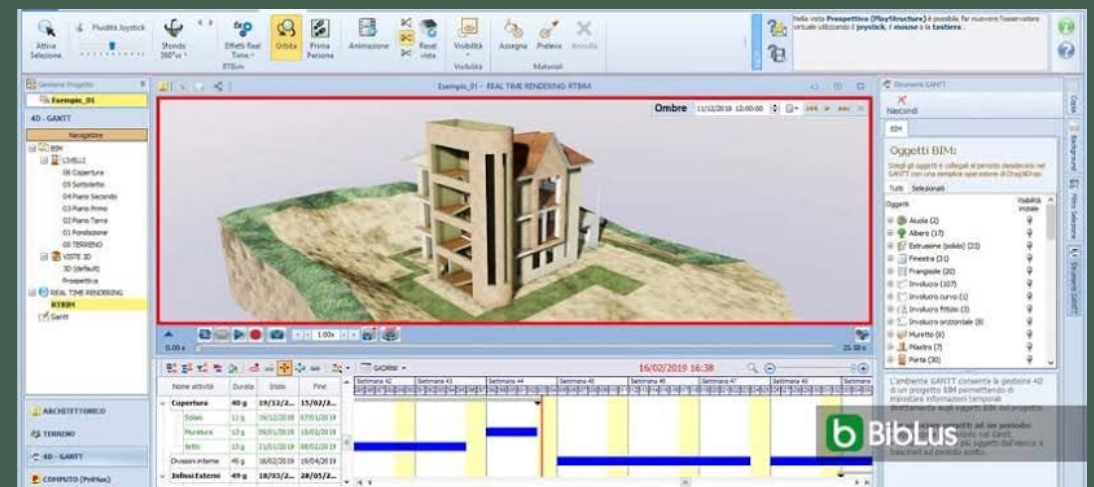
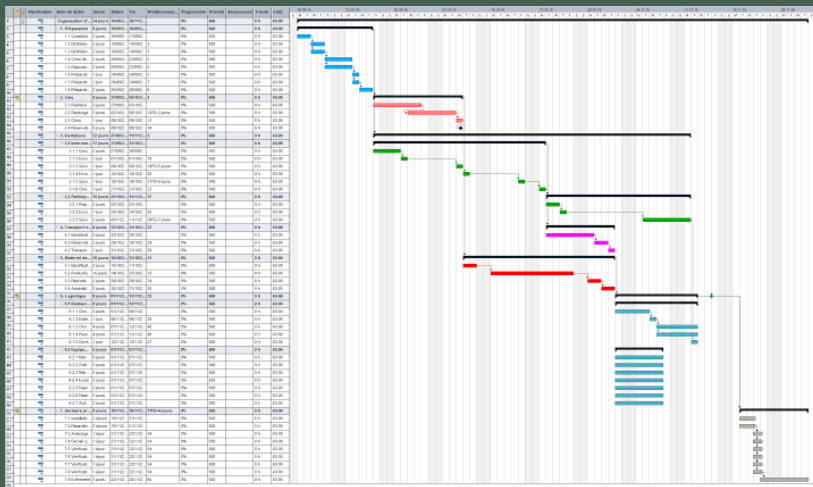
- La pose de la première pierre marque le début de l'étape de construction qui va mettre en œuvre toutes les informations élaborées lors de la conception, grâce aux savoirs et savoir-faire des entreprises et compagnons en charge du chantier.
- La maquette numérique et la plate-forme collaborative concentrent les informations nécessaires, enrichies pour le chantier de documents d'organisation et de méthode que le BIM va modifier. L'exemple du planning est révélateur des modifications à l'œuvre.



# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER CHANTIER

## PLANNING

- La gestion de la planification et de l'avancement du chantier est couramment représentée à l'aide de diagrammes de GANTT qui font correspondre des tâches, des durées et des dates. La gestion information de ces diagrammes (inventés à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle) a permis une actualisation du planning en temps réel et un chaînage des tâches à des liens qui informent sur l'état d'avancement de la tâche, sa superposition avec une autre tâche, ou encore les ressources qu'elle utilise.
- Le paramétrage des objets ou des familles d'objets de la maquette numérique avec un diagramme de GANTT permet de fabriquer une maquette volumétrique du planning.



# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER CHANTIER

## *BIM & 4D*

- Le couplage de la maquette avec un logiciel de gestion du temps introduit la quatrième dimension dans le BIM, nouvel intérêt de l'exploitation de cette méthode.
- La maquette numérique couplée au logiciel de planning fait passer à une représentation en quatre dimensions qui peut être très intéressante pour des chantiers complexes.

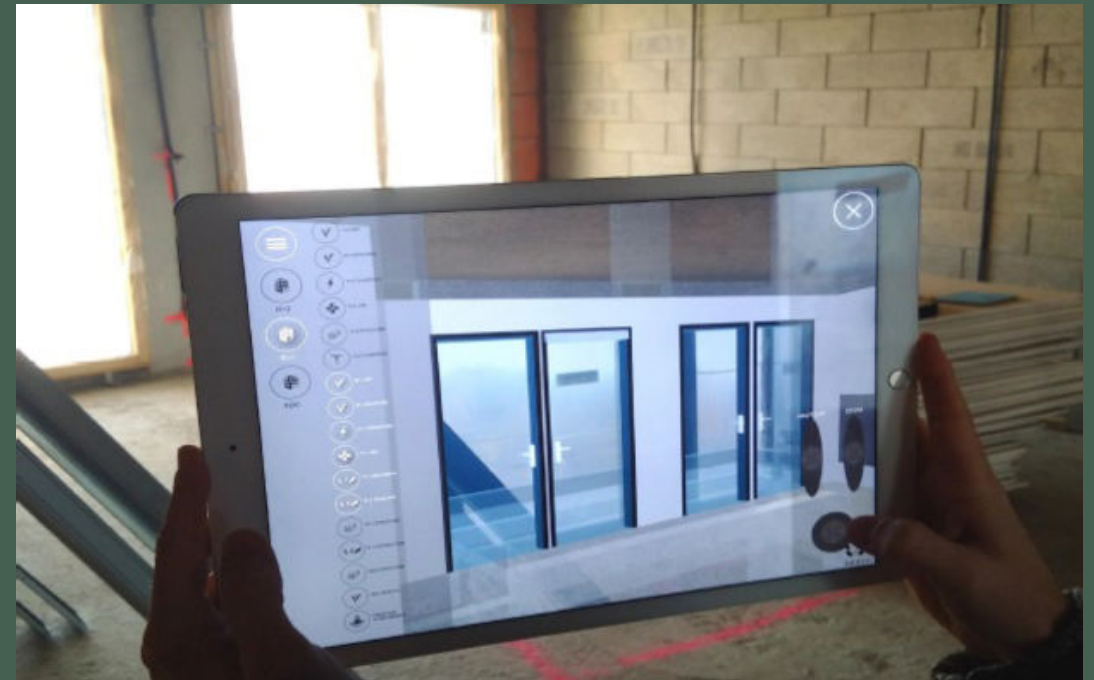
# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

## CHANTIER

### *La maquette numérique sur le chantier*

Les utilisations de la maquette numérique sur le chantier sont pour certaines, déjà opérationnelles. Par exemple, l'utilisation d'une tablette connectée à la maquette, équipée d'un appareil photo, permet de contrôler la bonne exécution d'un ouvrage avec le procédé de la réalité augmentée. En superposant la vue du chantier à la vue de la maquette, on détecte immédiatement les écarts.

Ce dispositif est utile pour les ouvrages constitués de nombreux éléments, comme un faisceau de réseaux ou un ferrailage par exemple. Il peut aussi être utilisé pour détecter une erreur de conception. Dans ce cas, l'incompatibilité est photographiée et directement envoyée au bureau d'études qui peut rapidement remédier au problème sans attendre le rendez-vous de chantier.





# LOD 400 : EXÉCUTION, ÉTUDES ET CHANTIER

## RÉCEPTION DES OUVRAGES

- La fin du chantier est attestée par la réception des travaux. Cet acte enclenche la garanties de bonne exécution (1 an) et la garantie décennale. Les assurances ne couvrent les éventuels sinistres que si la réception des travaux a bien été effectuée.
- Réalisée par le maître d'ouvrage, assisté de la maîtrise d'œuvre, et en présence des entreprises concernées, cette opération consiste à examiner l'ensemble des ouvrages réalisés et de consigner les réserves.

# LOD 500 : DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS

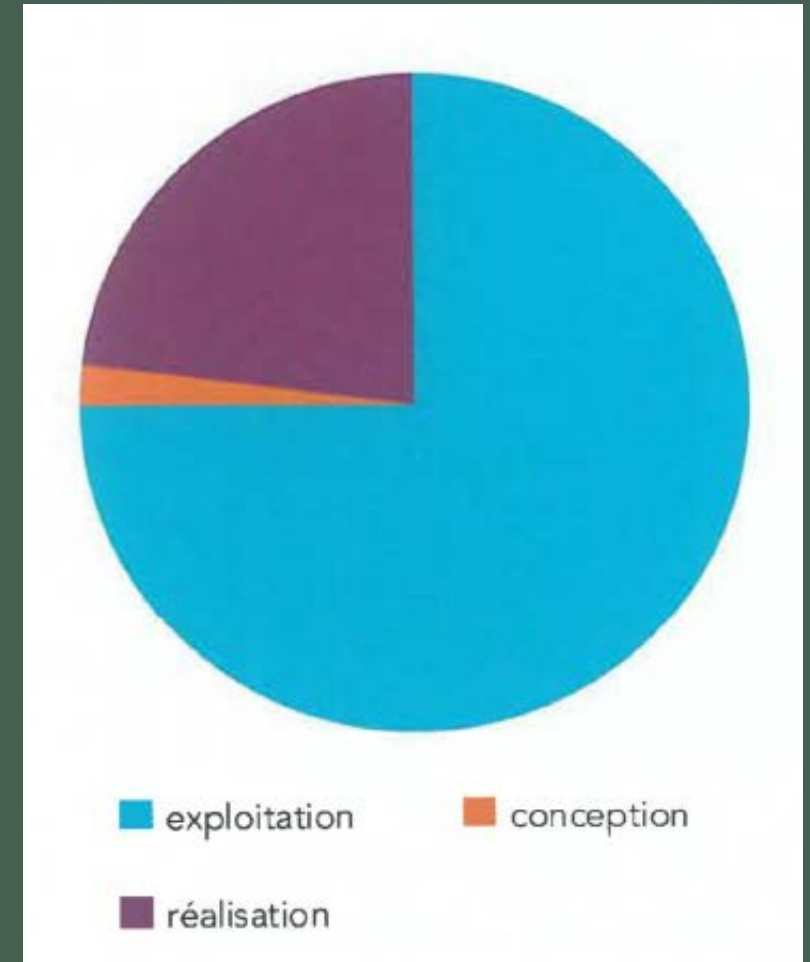
- Le dossier des ouvrages exécutés ou le plan de recollement, établi en fin d'opération en vue de l'exploitation du bâtiment, est réalisé par la maîtrise d'œuvre qui en a défini le contenu dans les pièces particulières du marché.
- En règle générale, ce dossier contient les documents d'exécution conformes aux ouvrages exécutés établis par chaque entreprise titulaire d'un marché de travaux, les notices de fonctionnement et les prescriptions de maintenance.
- Avec la maquette numérique, ce dossier fournit une exacte réplique de l'édifice. L'image tridimensionnelle du bâtiment construit est assortie de l'ensemble des données qui caractérisent les ouvrages et les équipements.

# LOD 500 : DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS

- Le dossier des ouvrages exécutés ou le plan de recollement, établi en fin d'opération en vue de l'exploitation du bâtiment, est réalisé par la maîtrise d'œuvre qui en a défini le contenu dans les pièces particulières du marché.
- En règle générale, ce dossier contient les documents d'exécution conformes aux ouvrages exécutés établis par chaque entreprise titulaire d'un marché de travaux, les notices de fonctionnement et les prescriptions de maintenance.
- Avec la maquette numérique, ce dossier fournit une exacte réplique de l'édifice. L'image tridimensionnelle du bâtiment construit est assortie de l'ensemble des données qui caractérisent les ouvrages et les équipements.
- Ce qui change avec la maquette numérique, c'est la structuration et la quantité d'informations contenues dans les dossiers réglementaires. Leur intégration à la maquette, même partielle, simplifiera les opérations de maintenance. En effet, l'intérêt de la numérisation de ces documents n'est effectif que si les informations qu'ils contiennent sont intégrées au LOD 600, utilisé lors de l'exploitation.

# LOD 600 : EXPLOITATION, ENTRETIEN, MAINTENANCE

- Le LOD 600 correspond à la longue étape de l'exploitation du bâtiment, effectuée par ses gestionnaires. La mise en correspondance de ces opérations avec une représentation volumétrique du bâtiment est véritablement opérationnelle depuis qu'il est possible de l'associer à une base de données, grâce aux objets IFC.
- La maquette numérique s'adapte aux besoins de la gestion et évolue au rythme des modifications patrimoniales jusqu'à servir la maquette zéro de la prochaine réhabilitation.



# LOD 600 : EXPLOITATION, ENTRETIEN, MAINTENANCE

## DONNÉES ENTRANTES

Les données exploitées sont :

- des surfaces utiles : de locaux, de sols à entretenir, de vitrages à nettoyer, de murs à repeindre, etc. ;
- des volumes pour optimiser les paramètres du confort (chauffage, ventilation, climatisation) ;
- des notices d'entretien et garanties des matériels ;
- des spécifications de matériaux qui renseignent sur leurs performances (thermique pour les parois, degré d'usure pour les sols, etc.) ;
- les bilans environnementaux pour les bâtiments certifiés (HQE, LEED...) ;
- des recommandations pour les soins à apporter aux végétaux des espaces verts ;
- etc.

# LOD 600 : EXPLOITATION, ENTRETIEN, MAINTENANCE L'EXPLOITATION DE FONCTIONNEMENT

- L'accès simplifié et centralisé aux caractéristiques des locaux peut aussi être mis à profit pour organiser l'entretien courant d'un bâtiment. La vision volumétrique de chaque niveau du bâtiment facilite sa planification et évite les erreurs grâce à la consultation simultanée des locaux et des fiches d'entretien pour les revêtements particuliers.
- La programmation des actes nécessaires au respect des normes d'hygiène et de sécurité ou l'identification des différentes zones des espaces verts et la prévision des diverses tâches de jardinage, etc., sont autant de tâches régulières dont il est possible d'assurer une meilleure gestion avec la juste utilisation des objets IFC.

# LOD 600 : EXPLOITATION, ENTRETIEN, MAINTENANCE L'EXPLOITATION DE FONCTIONNEMENT

## GESTION TECHNIQUE CENTRALISÉE

- Les gains énergétiques escomptés avec la mise en œuvre du BIM devraient s'affirmer à l'exploitation en permettant de maintenir les performances attendues. La possibilité d'adapter plus finement le fonctionnement des équipements en fonction de l'occupation réelle grâce aux systèmes de gestion centralisée est anticipée avec la maquette numérique.
- C'est l'ensemble des équipements qui est concerné : chauffage, climatisation, ventilation, alarmes, contrôle des accès, etc.
- Aux opérations traditionnelles de maintenance de tous les équipements, comme le contrôle des organes, le changement des filtres, le ramonage des conduits, etc., s'ajoute aujourd'hui le contrôle du fonctionnement centralisé et coordonné de l'ensemble des appareils.

# CONCLUSION

- Le numérique et la digitalisation transforment progressivement le secteur du bâtiment et de la construction. Il semble maintenant que le BIM finira par devenir inévitablement une technologie standard, qui sera une nécessité absolue pour les entreprises du bâtiment et de la construction.
- Les avantages du BIM sont très nombreux que ce soit pour les architectes, les maîtres d'ouvrage, les ingénieurs ou encore pour les entrepreneurs. Ils sont de plus présents à toutes les étapes d'un projet.



# CONCLUSION

- Le BIM permet de **tester et d'analyser en temps réel la construction** d'un bâtiment grâce aux représentations virtuelles. La planification, l'estimation et l'analyse des risques sont facilitées et plus performantes.
- **L'estimation du coût en temps réel** permet de vérifier immédiatement les incidences budgétaires des modifications ou de variantes de conception. Cela peut aussi réduire certains coûts.
- Il permet une **collaboration efficace et optimisée** entre les différents intervenants de votre projet. Vous pouvez ajouter des informations importantes à tout moment auxquelles toutes les personnes concernées auront accès. Cela permet aussi une meilleure compréhension des critères du projet par tous.
- Grâce à la technologie BIM, les bâtiments peuvent **consommer moins d'électricité, sont climatisés et chauffés plus efficacement et protègent mieux les occupants**. En effet, le modèle 3D aide à vérifier les critères environnementaux et fonctionnels du projet.

# COURS ET CONTACT

[mchialifac@gmail.com](mailto:mchialifac@gmail.com)

[tiny.cc/l3bim](https://tiny.cc/l3bim)