

Cahier pratique

LE MONITEUR

DES TRAVAUX PUBLICS ET DU BÂTIMENT

LE POINT
SUR...

BIM/MAQUETTE NUMÉRIQUE CONTENU ET NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT

DÉFINITION

Niveau de développement,
contenu...

Page 6

NIVEAUX ET PHASES DE PROJET

Description, utilisation,
cas concrets...

Page 8

NIVEAUX ET ACTEURS DE PROJET

Architecture, façades,
lots techniques...

Page 32



NIVEAUX DE DÉTAIL ET MAQUETTE NUMÉRIQUE ..3	
BIM/MAQUETTE NUMÉRIQUE : CONTENU ET NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT5	
1 - Évolutions en cours6	
1.1 Contexte6	
1.2 Ingénierie et maquette numérique6	
2 - Définition des niveaux de développement6	
3 - Niveau de développement 1 (ND1) – Concepts – Esquisse8	
3.1 Vision générale8	
3.2 Cas concrets pour le niveau de développement ND19	
4 - Niveau de développement 2 (ND2) – Avant-projet sommaire – Permis de construire11	
4.1 Vision générale11	
4.2 Cas concrets pour le niveau de développement ND2 ..12	
5 - Niveau de développement 3 (ND3) – Avant-projet détaillé – Pré-synthèse – PRO/DCE14	
5.1 Vision générale14	
5.2 Cas concrets pour le niveau de développement ND3 ..14	
	6 - Niveau de développement 4 (ND4) – Synthèse – Étude d'exécution – Construction22
	6.1 Vision générale22
	6.2 Cas concrets pour le niveau de développement ND4 ..22
	7 - Niveau de développement 5 (ND5) – Dossier des ouvrages exécutés28
	8 - Niveau de développement 6 (ND6) – Exploitation29
	Conclusion31
	ANNEXE – Tableaux de synthèse des cinq niveaux de développement32
	GLOSSAIRE41

Niveaux de détail et maquette numérique

Maquette numérique pour certains ou BIM pour d'autres, c'est aujourd'hui une nouvelle démarche de développement, de réalisation et de suivi des projets de construction. Elle offre surtout aux ingénieristes et autres parties prenantes d'un projet la possibilité de faire et de valider les choix de chaque discipline (architecture, façade, second œuvre, génie civil, espaces verts, plomberie...) dans un environnement virtuel. De l'esquisse au bâtiment tel que construit, cinq niveaux de représentation sont possibles. Ceux-ci vous sont présentés dans le Cahier pratique de cette semaine. Afin de montrer en quoi chaque étape est particulière et comment ces niveaux de développement s'enchaînent les uns aux autres, des cas concrets vous sont présentés, et des contenus pour chacun des niveaux de développement sont proposés. Les exemples donnés sont issus de l'expérience des contributeurs, tous membres de Syntec-Ingénierie, auteur de ce Cahier pratique.

La Rédaction du Moniteur

Ce Cahier pratique est consultable à l'adresse www.lemoniteur.fr/lemoniteur_numerique pour les abonnés aux services Premium du Moniteur en activant leur compte en ligne.

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AMO	: Assistant(ce) à maîtrise d'ouvrage
APD	: Avant-projet détaillé
APS	: Avant-projet sommaire
BIM	: <i>Building information management/Building information modeling/Building information model</i>
BREEAM	: <i>Building research establishment environmental assessment method</i>
CAO	: Conception assistée par ordinateur
CFA	: Courant faible
CFO	: Courant fort
CVC	: Chauffage-ventilation-climatisation
DAO	: Dessin assisté par ordinateur
DCE	: Dossier de consultation des entreprises
DOE	: Dossier des ouvrages exécutés
EXE	: Exécution
GE	: Groupe électrogène
GTP	: Gestion technique de patrimoine
H&E	: Habitat&Environnement
HQE	: Haute qualité environnementale
LEED	: <i>Leadership in energy and environmental design</i>
MN	: Maquette numérique
MOP	: Maîtrise d'ouvrage publique
ND	: Niveau de développement
NRA	: Nouvelle réglementation acoustique
PLU	: Plan local d'urbanisme
PPP	: Partenariat public-privé
PRESYN	: Pré-synthèse
PRO	: Projet
RT	: Réglementation thermique
SIG	: Système d'information géographique
SYN	: Synthèse
TCE	: Tous corps d'état
TGBT	: Tableau général basse tension
TGS	: Tableau général de sécurité
VRD	: Voirie et réseaux divers
ZAC	: Zone d'aménagement concerté

BIM/Maquette numérique : contenu et niveaux de développement

Beaucoup de choses ont déjà été dites – et écrites – sur la maquette numérique ou le BIM, notamment dernièrement.

Le phénomène est d'ailleurs appelé à s'accélérer encore, puisqu'il semble que les pouvoirs publics aient compris l'intérêt à se saisir du sujet (rapports « Objectifs 500 000 logements, directive « Marchés publics »...).

Le déploiement du BIM représente une opportunité pour faire évoluer significativement la qualité des études, la réalisation des travaux et, au-delà, l'exploitation des ouvrages.

L'intégration des composantes multiples des projets, dès les premières étapes de conception, et la rigueur de l'outil offrent aux concepteurs et au maître de l'ouvrage des moyens d'analyse et de synthèse qui répondent aux exigences actuelles de maîtrise des risques et participent ainsi à l'optimisation des coûts de construction.

L'intégration du BIM par l'ensemble des professionnels du secteur conduit inévitablement à repenser les modes de fonctionnement de tous les intervenants.

Comme les pratiques collaboratives, l'ingénierie concourante et la coconception sont autant de thématiques qui font évoluer les processus de la profession, et qui doivent, à ce titre, faire l'objet de réflexions conjointes, encore à approfondir.

Le présent document, élaboré par un groupe d'ingénieurs qui développent quotidiennement cet outil dans le cadre de leurs missions, a pour ambition de proposer des modalités concrètes de mise en œuvre, adaptées aux pratiques contractuelles des marchés publics et privés. Il est abondamment illustré d'exemples tirés de projets effectivement développés et réalisés.



SYNTEC-INGÉNIERIE

Les contributeurs à ce Cahier pratique :

- Régis Adeline – Setec Bâtiment
- Christophe Barthel – SNC Lavalin
- Aurélie de Boissieu – Setec Bâtiment
- Marc Borensztein – Y-Ingenierie
- Christophe Castaing – Egis
- Pierre Focqué – Egis
- Philippine Guibert – Syntec-Ingénierie
- William Hardy – Systra
- Frédéric Lebreton – AIA
- Laurent Leleonnec – Y-Ingenierie
- Christophe Longepierre – Syntec-Ingénierie
- Sylvain Luu – Arcadis
- Yannick Luznick – Ingérop
- Frédéric Moreaux – Artelia
- Stéphane Patrix – Jacobs
- Marc Rastoix – Archimen
- David Thomas – Setec Bâtiment
- Yann Thomas – Artelia
- Ludovic Vaz – SNC Lavalin
- Benoit Vervandier – Archimen

1 - ÉVOLUTIONS EN COURS

1.1 - Contexte

Les évolutions à prendre en compte sont notamment les suivantes :

- des projets de BTP de plus en plus complexes ;
- une demande sociétale et économique de maîtrise approfondie des risques ;
- l'intégration du développement durable sur l'ensemble du cycle de vie des projets (programmation, conception, construction, exploitation, fin de vie) et sur toutes ses dimensions (économique, environnementale, sociétale...) ;
- un investissement très fort de la communauté internationale du secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) dans le développement de la maquette numérique (parmi les pays les plus avancés sur le sujet, on peut noter le Royaume-Uni, les États-Unis, la Norvège, Singapour, les Émirats Arabes Unis...) ;
- une évolution des grands secteurs d'activité – notamment industriels –, de par leurs structures et avant le secteur du BTP, vers des méthodes de conception, de conduite et de production de projets plus performantes et industrialisées :
 - partenariats, travail collaboratif,
 - utilisation partagée de la maquette numérique,
 - suppression ou limitation des plans en papier,
 - gestion de bases de données plutôt que de plans ou de fichiers.

1.2 - Ingénierie et maquette numérique

Désormais l'utilisation de la maquette numérique est une obligation du marché : les appels d'offre l'incluent de plus en plus souvent dans le cadre des missions techniques. Par ailleurs, à l'international, l'utilisation de la maquette numérique commence à être imposée, ou fortement incitée, par un cadre légal. En Angleterre, à partir de 2016, intégrer la maquette numérique aux missions sera une obligation légale pour répondre aux appels d'offre publics.

Il semble qu'en France, les pouvoirs publics soient sur le point de développer des réflexions analogues, afin de rendre progressivement obligatoire l'usage de la maquette numérique pour les marchés de l'État, à partir de 2017.

Du côté de l'Europe, une incitation au recours à la maquette numérique a été insérée dans la directive européenne sur les marchés publics de janvier 2014.

De plus, les technologies, tout comme les méthodes de travail, évoluant, l'intégration de la maquette numérique dans les processus de l'ingénierie permettra sans aucun doute d'augmenter la performance et la qualité de conception. Dès aujourd'hui, certains projets n'auraient pas pu être menés à bien sans les technologies mises en jeu par la maquette numérique : c'est le cas par exemple de la Fondation Louis Vuitton. Actuellement l'utilisation intensive des outils de maquette numérique permet aux contributeurs de ce Cahier pratique de pouvoir présenter des retours d'expérience concrets sur l'utilisation et les bonnes pratiques du BIM³ (*Building information management/modeling/model*).

2 - DÉFINITION DES NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT

Ce Cahier pratique est organisé par niveau de développement (ND) – de ND1 à ND5 – définissant le niveau de renseignement attendu pour les éléments constituant la maquette numérique (MN) selon l'avancement du projet.

Cette organisation s'inspire des *Levels of development* (LOD) américains, en s'efforçant de franciser les concepts afin qu'un praticien du découpage selon la loi MOP retrouve une certaine similitude.

PRÉCISION

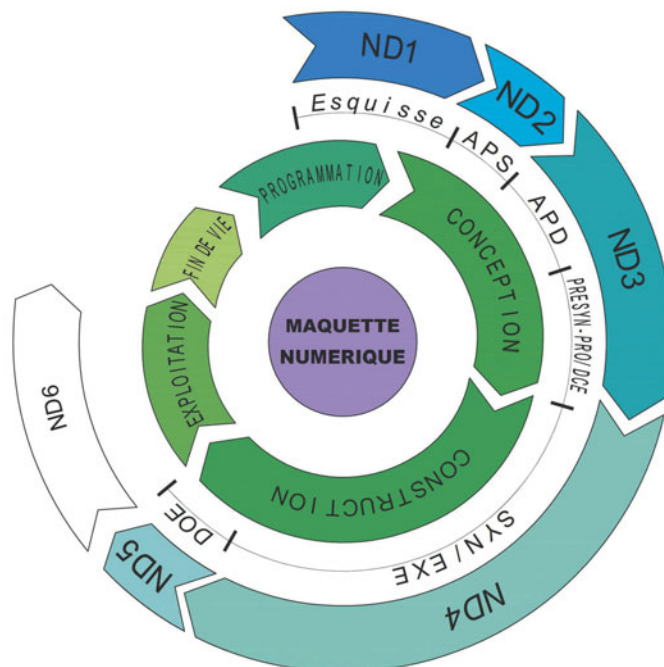
Loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée (JO du 13 juillet 1985) dite loi MOP.

La figure 1 donne une représentation des différents cycles dans lesquels s'inscrit la maquette numérique avec :

- en première couronne les phases du cycle de vie d'un projet ;
- en deuxième couronne les phases de la loi MOP ;
- en troisième couronne les niveaux de développement de la maquette.

Cette figure permet de définir très rapidement la correspondance entre une phase du cycle de vie d'un projet, la ou les phases de la loi MOP et le ou les niveaux de développement de la maquette.

Figure 1. Les trois cycles de la maquette numérique
(© Syntec-Ingénierie).


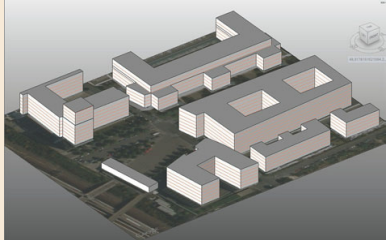

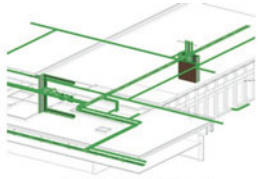
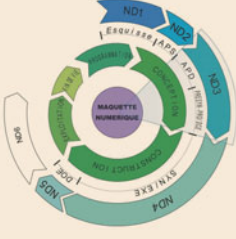
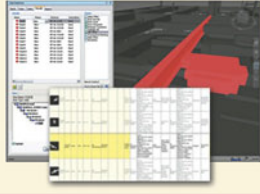

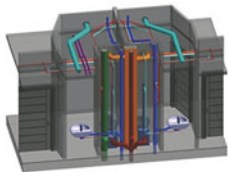
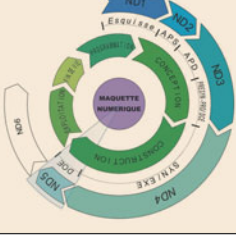

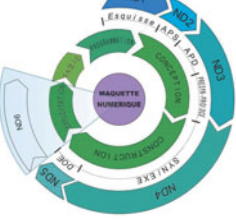
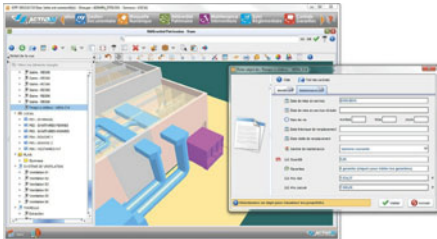


BIM/MAQUETTE NUMÉRIQUE : CONTENU ET NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT

Le tableau 1 présente une synthèse des différents niveaux de développement d'une maquette numérique. Les première et deuxième colonnes définissent le niveau de développement. La troisième colonne illustre de manière

synthétique le niveau de développement. La dernière colonne caractérise sommairement l'objectif de ce niveau de développement.

Tableau 1 : Tableau de synthèse des différents niveaux de développement d'une maquette numérique

ND 1		CONCEPTS ESQUISSE		Analyses et impact
ND 2		AVANT-PROJET SOMMAIRE PERMIS DE CONSTRUIRE	 LOD 200 / ND 2 Réseaux primaires & Systèmes	Zones techniques Réseaux primaires et équipements
ND 3		AVANT-PROJET DÉTAILLÉ PRÉ-SYNTHESE PRO/DCE		Coordination des interdisciplines
ND 4		SYNTHESE ÉTUDE D'EXÉCUTION CONSTRUCTION		Modélisations des ouvrages à exécuter
ND 5		DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS	 PID : Schéma dans lequel l'objet sélectionné est représenté Objet sélectionné	Modèle virtuel = Ouvrage exécuté
ND 6		EXPLOITATION		Gestion technique patrimoniale

3 - NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT 1 (ND1) – CONCEPTS – ESQUISSE



3.1 - Vision générale

Ce niveau de développement (ND) permet d'initier la démarche BIM au travers d'une première maquette numérique. Celle-ci se caractérise par des volumes 3D génériques permettant une représentation globale du projet dans son environnement. Elle est portée par l'architecte et l'ingénierie contribue à celle-ci par la transmission des locaux techniques nécessaires au projet (surface, localisation...).

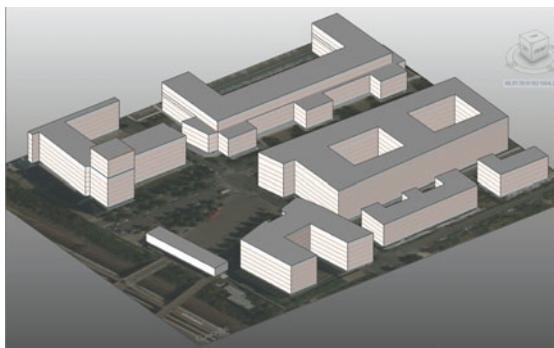
En cours d'esquisse, cette maquette permet l'utilisation d'outils d'aide à la décision :

- étude des mouvements de sol ;
- étude d'ensoleillement (analyse des masques) ;
- étude des vents ;
- visualisation de l'insertion dans le site ;
- interfaces avec avoisinants et existants ;
- analyse des surfaces du projet (conformité au programme).

Le projet est d'abord modélisé par un objet 3D disposant de paramètres génériques. La partie informative réside essentiellement dans les données de géolocalisation du projet (fichier météo, étude de sol...).

La figure 2 représente le projet de construction dans son environnement.

Figure 2. Projet dans son environnement (© Artelia).



Dans un premier temps, l'apport de cette maquette réside dans la visualisation 3D du projet. On peut alors ajuster ses dimensions ainsi que son orientation afin d'appréhender le meilleur emplacement possible.

À cette base 3D viennent s'ajouter des outils de simulation et de calcul qui font l'essence du BIM.

Il est alors possible de réaliser une étude des ombres portées (Fig. 3), une étude d'ensoleillement des façades du bâtiment (Fig. 4), une étude des vents (Fig. 5) ou une pré-étude énergétique (Fig. 6).

En plus de ces outils natifs, des processus d'analyse du modèle peuvent être envisagés : analyse des surfaces du projet (PLU ou

plan local d'urbanisme), impact des zones de risque (inondation, sismicité...), analyse économique sur la base de ratios...

Figure 3. Étude des ombres portées (© Artelia).



Figure 4. Étude d'ensoleillement des façades du projet sur une journée (© Artelia).

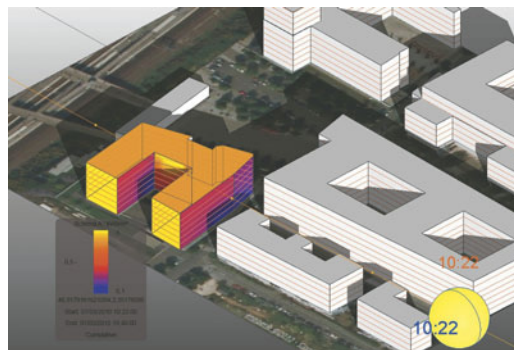


Figure 5. Étude instantanée de la circulation des vents (© Artelia).

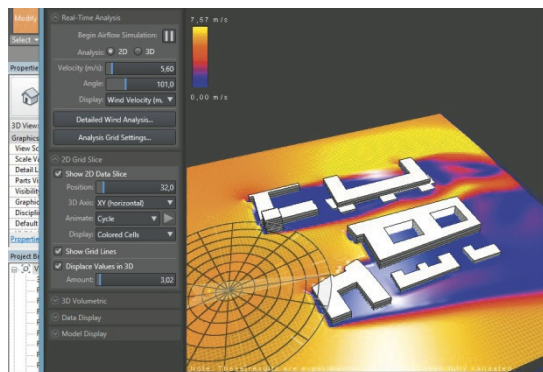
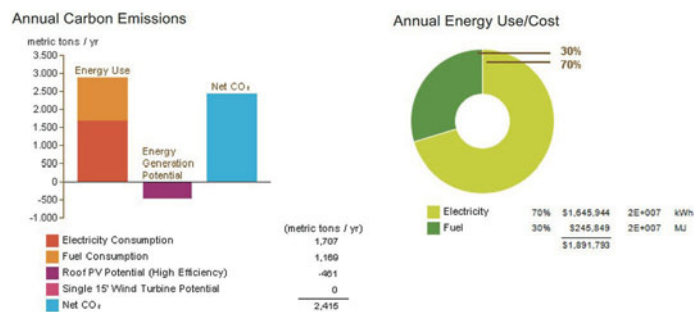


Figure 6. Pré-étude énergétique (© Artelia).



3.2 - Cas concrets pour le niveau de développement ND1

3.2.1 - Futur Palais de justice de Paris

PRÉCISIONS

Architecte : Renzo Piano Building Workshop (RPBW)

Ingénierie : Setec Bâtiment

Une maquette en ND1 peut par exemple être utilisée pour évaluer la prise au vent d'un bâtiment, tel qu'illustré pour le projet du futur Palais de justice de Paris (Fig. 7).

Cette maquette numérique sommaire intègre la définition du cadre existant du projet.

La maquette numérique est alors propre à calculer le confort au vent des espaces ouverts du projet (Fig. 8).

Figure 7. Évaluation de la prise au vent (© Setec Bâtiment).

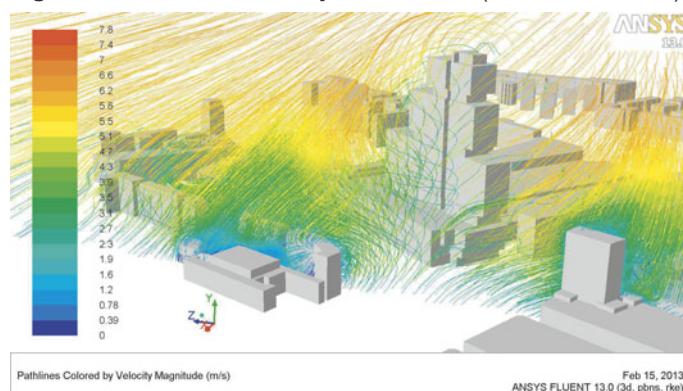
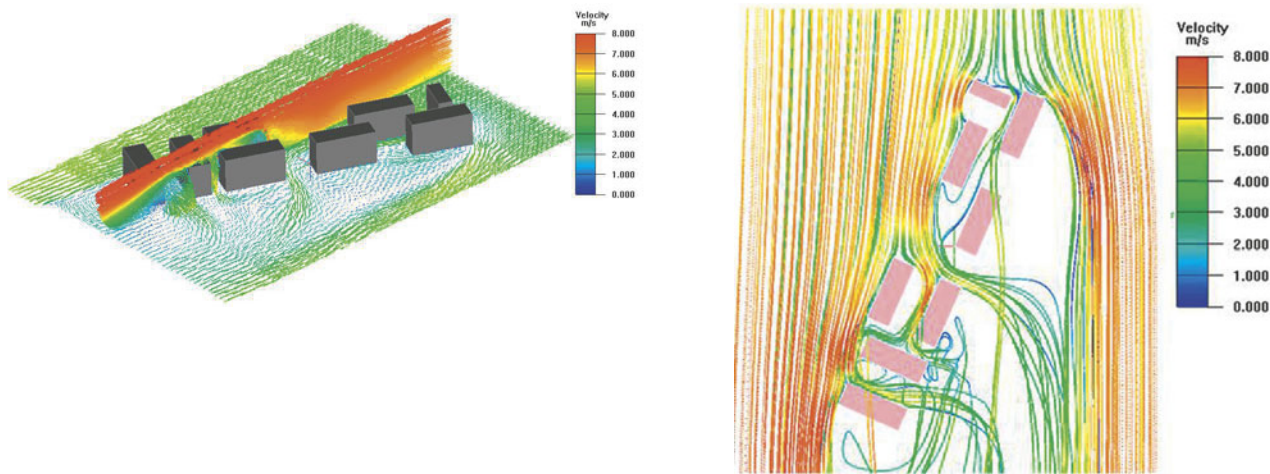


Figure 8. Optimisation de l'implantation des bâtiments vis-à-vis du confort au vent (© Setec Bâtiment).



3.2.2 - Projet de pavillons dans les jardins des Boulingrins à Monte-Carlo (Principauté de Monaco)

PRÉCISIONS

Architecte : Richard Martinet

Ingénierie : Setec Bâtiment

La maquette numérique en ND1 permet de disposer d'informations essentielles au projet très tôt et avec un rendu simplifié.

Cette méthodologie de travail caractérise pleinement la démarche BIM avec une exigence dans la précision des définitions très importante dès les premiers stades du projet. Pour le ND1, comme indiqué précédemment, le BIM se concentre sur la partie 3D. Un autre usage de ce niveau de développement est l'accompagnement de l'architecte dans la maîtrise de formes non standards.

Lors de la création de structures complexes, l'architecte a besoin de valider la faisabilité de son projet ou partie de projet.

L'ingénieur « structure » modélise alors la forme 3D et analyse la résistance structurale de l'élément (Fig. 9 et Fig. 10). Il valide ou modifie le projet, permettant ainsi la progression du concept initié par l'architecte.

Figure 9. Projet de pavillons dans les jardins des Boulingrins – Esquisses préparatoires en maquette numérique pour l'exploration de solutions structurales (© Setec Bâtiment).

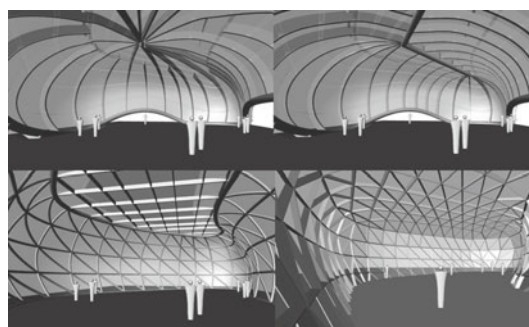
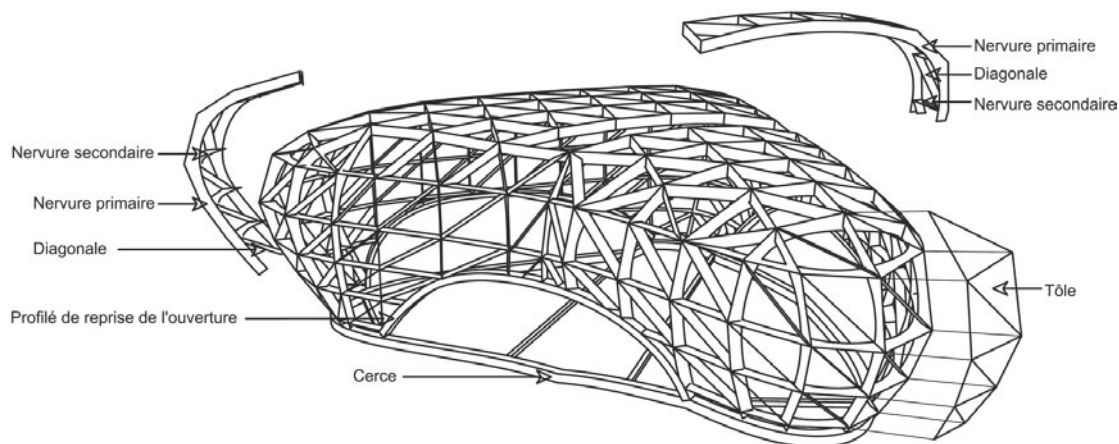


Figure 10. Modélisation structurelle d'un pavillon dans les jardins des Boulingrins (© Setec Bâtiment).



La maquette est ensuite complétée des surfaces données par le programme et validées par l'ingénierie.

La maquette est alors composée en fin de ND1 par :

- une modélisation 3D du projet ;
- des locaux du programme (surface et implantation) ;
- des études d'impact ;
- une éventuelle pré-étude énergétique ;
- une estimation financière sur la base de ratios.

3.2.3 - Projet Batna pour un centre de maintenance ferroviaire en Algérie

PRÉCISIONS

Architecte : Nicolas Foucher (Systra – Département « Gare-Stations-Urbanisme »)

Ingénierie : Systra

Le projet consiste en la modélisation d'un site de maintenance de tramways en Algérie composé de quatre bâtiments : bâtiment administratif, de maintenance, dépôt et groupe de production centralisé d'eau chaude et d'eau glacée.

La modélisation conceptuelle architecturale a débuté en phase APS (avant-projet sommaire) sur l'outil logiciel SketchUP et a ensuite été poursuivie en ND2 et ND3 en BIM sur Revit.

Figure 11. Projet Batna – Maquettage conceptuel de quatre bâtiments (© Systra).



4 - NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT 2 (ND2) – AVANT-PROJET SOMMAIRE – PERMIS DE CONSTRUIRE



4.1 - Vision générale

Ce niveau de développement (ND) permet l'enrichissement de la maquette numérique sur la base du projet de l'architecte et des éléments techniques fournis par les spécialistes.

Les études structurelles et techniques prennent forme et sont renseignées, permettant ainsi l'extraction des informations caractérisant les objets.

L'estimation financière du projet est basée sur des ratios, dont certains peuvent être étayés par des quantités extraites de la maquette numérique.

La structure du bâtiment est dimensionnée et calculée (Fig. 12 et Fig. 13) permettant de valider le projet de l'architecte.

Les principaux locaux techniques sont modélisés permettant de valider les surfaces du programme.

Une première projection de l'emprise des principaux équipements et réseaux est alors disponible au sein de la maquette (Fig. 14).

Figure 12. Modélisation structurelle (© Artelia).



Figure 13. Modélisation structurelle métallique (© Artelia).

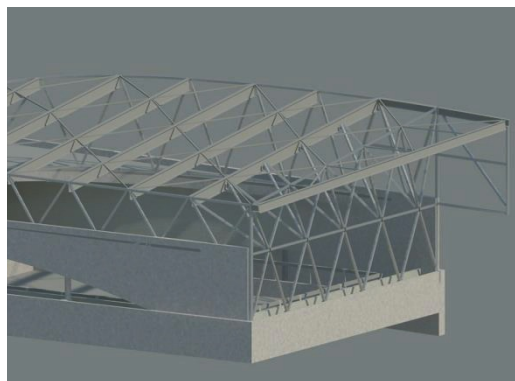
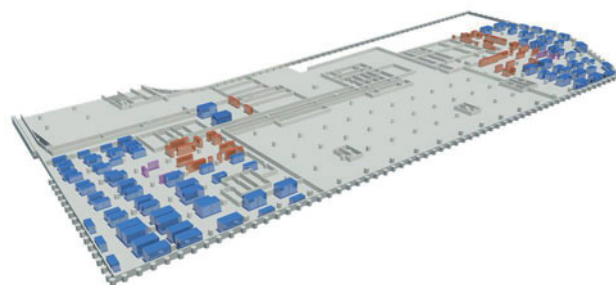


Figure 14. Futur Palais de justice de Paris, phase APS (© Setec Bâtiment).



4.2 - Cas concrets pour le niveau de développement ND2

4.2.1 - Réhabilitation d'un ensemble immobilier à usage de bureaux à Paris

PRÉCISIONS

Architecte : Christian de Portzamparc

Ingénierie : Jacobs

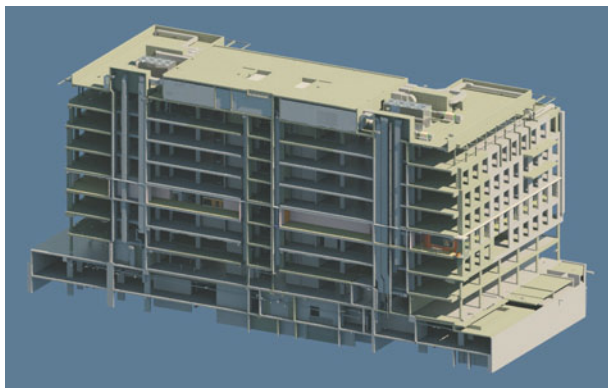
Cette réhabilitation (42 000 m²) concerne l'ensemble des ouvrages, génie civil, façades et technique :

- adaptation des volumes du bâtiment au projet architectural et création d'un nouveau niveau en surélévation ;
- dépose et remplacement de l'ensemble des installations techniques...

Dès la phase APS (avant-projet sommaire), il a été décidé de développer ce projet de réhabilitation sous format BIM afin de :

- lancer le processus maquette très en amont du projet ;
- permettre la prise en considération de l'ensemble des informations relatives au bâtiment existant ;
- répondre à la stratégie de la société consistant à généraliser l'usage de la maquette numérique à l'ensemble de ces projets de conception (Fig. 15).

Figure 15. Coupe transversale de la maquette de structure (© Jacobs).



Les études structurales sont menées de manière innovante en développant trois modèles de structure distincts : existant (Fig. 16), démolé (Fig. 17) et nouveau (Fig. 18).

Figure 16. Modèle des parties existantes (© Jacobs).



Figure 17. Modèle des parties démolies (© Jacobs).



Figure 18. Modèle des parties nouvelles (© Jacobs).



Cette démarche a permis de :

- comprendre les concepts originaux de la structure du projet,
- définir les impacts des aménagements architecturaux sur le projet existant,
- concevoir les aménagements structuraux permettant l'intégration de ces aménagements.

Les éléments structuraux sont définis au sein de la maquette par des objets caractérisés par une forme, une nature et des informations techniques.

Ces informations ont pu être reprises dans le cadre d'outils de calcul et d'évaluation de quantités.

Les études techniques sont menées en parallèle et en interdépendance des études de structure.

La maquette numérique est exploitée pour valider les concepts d'installation technique projetés dans l'environnement très contraignant des volumes disponibles de ce projet.

L'ensemble des surfaces techniques (locaux et trémies techniques) sont modélisées de manière détaillée au sein de la maquette dès la phase APS (Fig. 19 et Fig. 20).

La hauteur libre dans les plateaux de bureaux a fait l'objet d'une attention particulière via la modélisation des cheminements et de l'implantation détaillée des réseaux et équipements techniques dans cette zone.

Figure 19. Vue d'une zone technique en terrasse
(© Jacobs).

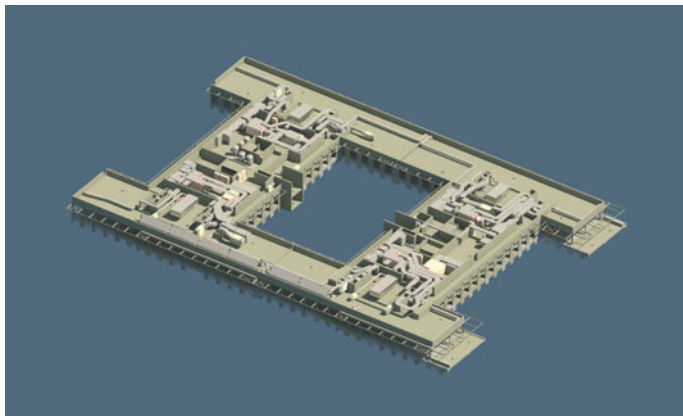
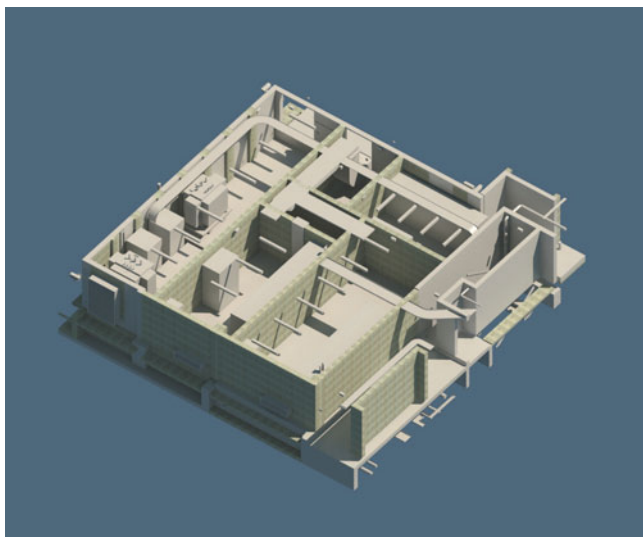


Figure 20. Vue du local technique électrique (© Jacobs).



4.2.2 - Étude de faisabilité pour la Semapa pour la ZAC Paris Rive gauche - Îlot T6 - Faisabilité (Esquisse APS)

PRÉCISIONS

Architecte : Agence croixmariebourdon architectures

Ingénierie : Egis

La maquette numérique permet de concevoir et de modéliser la charpente d'un immeuble pont (R + 7) de 50 m de portée environ, franchissant les voies SNCF de la gare d'Austerlitz. La maquette intègre la charpente et les appuis sur des boîtes à ressorts qui sont placées aux sommets des voiles béton de la SNCF.

La maquette numérique de l'enveloppe du bâtiment réalisée par l'architecte a été intégrée à la maquette numérique de la structure (via les IFC) afin de vérifier la compatibilité de la structure et de l'enveloppe.

La maquette permet de vérifier la cohérence de la conception des différents éléments provenant d'intervenants différents (architecte, SNCF, ingénierie, fournisseur des boîtes à ressorts).

Figure 21. Projet ZAC Paris Rive gauche : l'enveloppe du bâtiment pont et sa structure reposent sur les voiles béton de la SNCF (© Egis).

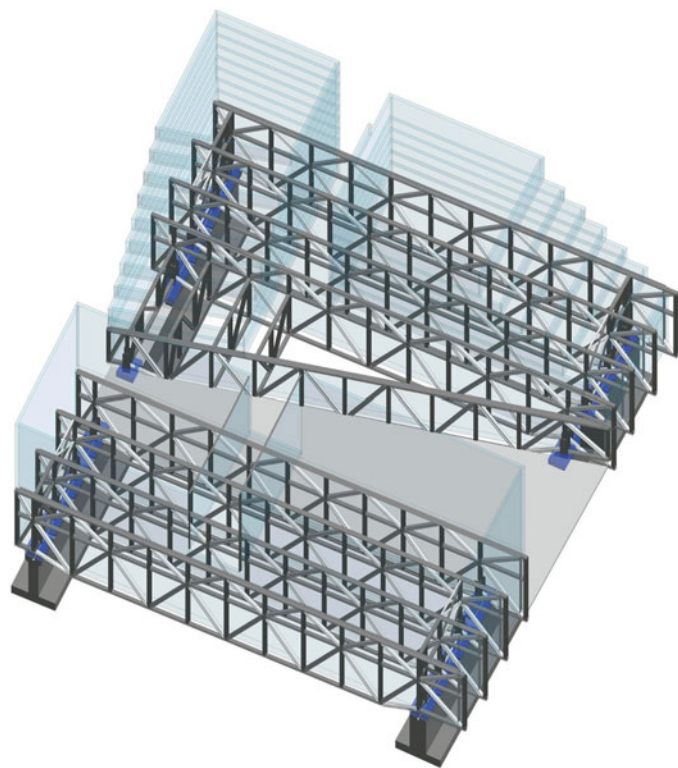
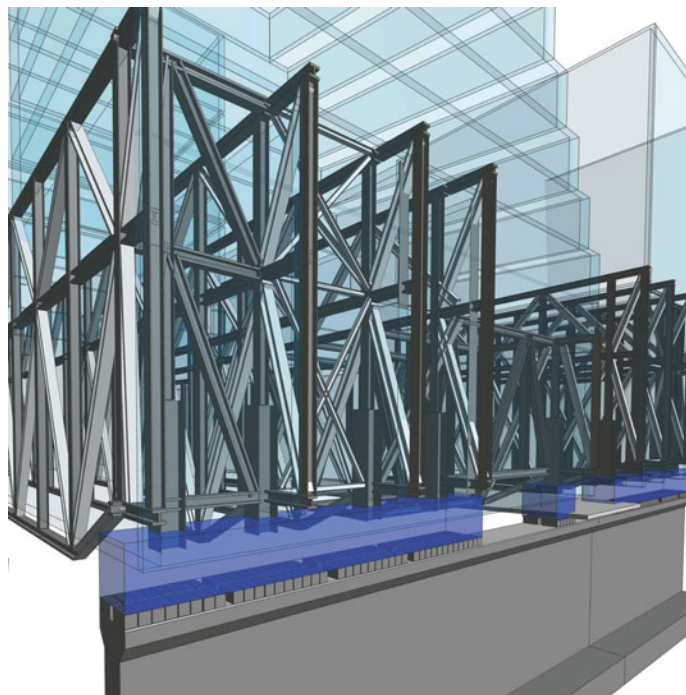


Figure 22. Projet ZAC Paris Rive gauche - Détail de la maquette représentant les appuis des poutres sur les sommiers en béton (en bleu sur la figure) posés sur des boîtes à ressorts reposant sur les voiles béton de la SNCF (l'enveloppe du bâtiment apparaît au-dessus des poutres) (© Egis).



5 - NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT 3 (ND3) – AVANT-PROJET DÉTAILLÉ – PRÉ-SYNTHESE – PRO/DCE



5.1 - Vision générale

Ce niveau de développement (ND) présente de manière exhaustive les composants de la maquette numérique (MN) : ils sont repérés et renseignés et permettent une description détaillée du (des) projet(s).

Il permet l'établissement de quantitatifs nécessaires à l'estimation financière, permettant ainsi de participer à la fiabilisation des risques évoquée au paragraphe 2 « Évolutions en cours ».

Ce ND complète le modèle numérique des réseaux techniques et des détails architecturaux.

Les calculs structurels sont affinés.

La maquette numérique permet la consultation des entreprises sur la base d'un support traditionnel (papier ou fichier PDF) ou numérique (maquette).

L'organisation des différents intervenants est essentielle au bon déploiement de procédures liées à la conception BIM :

- renseignement des objets 3D ;
- pré-synthèse des réseaux techniques ;
- pré-synthèse architecturale ;
- collaboration de projet.

La pré-synthèse des réseaux techniques (Fig. 23 et Fig. 24) réalisée en amont du projet permet un gain de productivité en phase chantier et sur la phase d'études d'exécution.

Les collisions entre réseaux sont identifiées et analysées directement dans l'interface de modélisation (Fig. 25).

Figure 23. Pré-synthèse des réseaux (© Artelia).

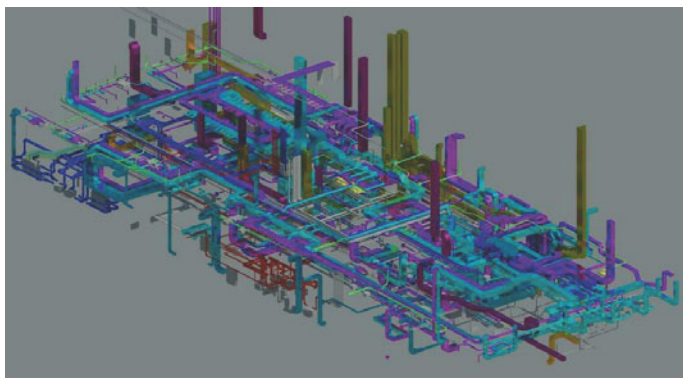
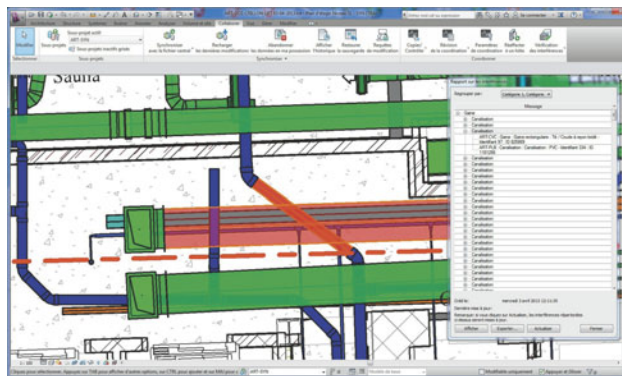


Figure 24. Pré-synthèse des réseaux dans les circulations techniques (© Artelia).



Figure 25. Identification des collisions entre réseaux (© Artelia).



5.2 - Cas concrets pour le niveau de développement ND3

5.2.1 - Réhabilitation du projet Cogedim rue des Archives à Paris

PRÉCISIONS

Architecte : Pierre Vichnievsky

Ingénierie : Setec Bâtiment

Sur ce projet de réhabilitation, une maquette numérique en ND3 a été utilisée et a permis :

- d'appréhender l'existant de façon fiable (Fig. 26) ;
- d'anticiper l'encombrement des équipements et ainsi de s'engager sur les hauteurs libres sous plafond en rénovation (Fig. 27).

La maquette numérique en ND3 a finalement permis à la société d'ingénierie de s'engager sur les réservations dans le gros œuvre dès le projet (PRO) (Fig. 28).

Figure 26. Modélisation du bâti existant (© Setec Bâtiment).

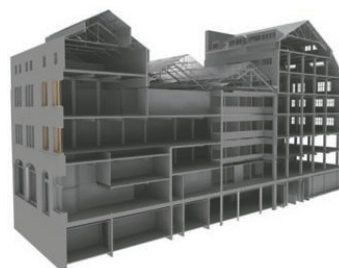


Figure 27. Engagement sur les hauteurs libres sous plafond dès la phase PRO (© Setec Bâtiment).

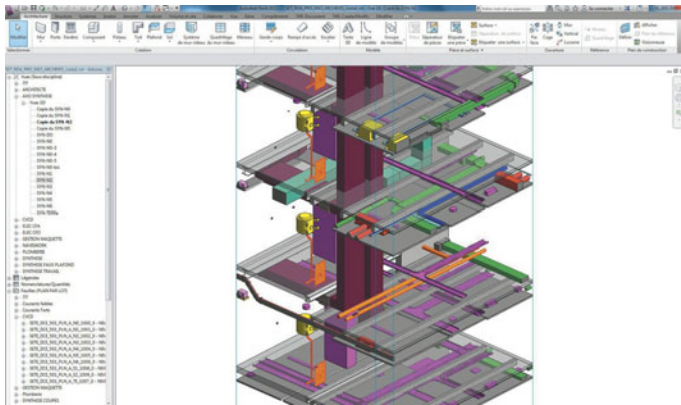
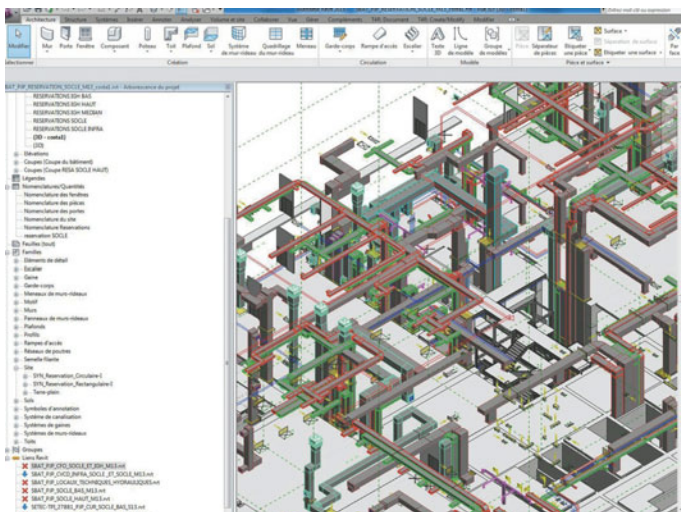
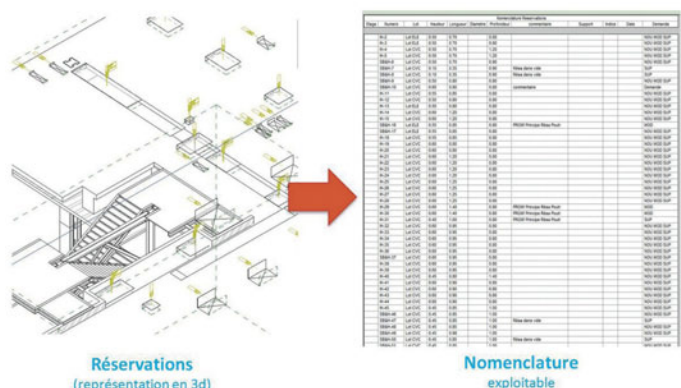


Figure 28. Modélisation des réservations en phase PRO (© Setec Bâtiment).



Grâce à la base de données constituant la maquette numérique, le suivi des réservations a été facilité (Fig. 29) et les représentations graphiques des ouvrages ont été correctement renseignées grâce aux données métiers utilisées dans la maquette.

Figure 29. Utilisation des données métiers (© Setec Bâtiment).



5.2.2 - Futur Palais de justice de Paris

RAPPEL

Architecte : Renzo Piano Building Workshop (RPBW)
Ingénierie : Setec Bâtiment

La maquette numérique en ND3 est également propre à être le support de diverses études, comme des études structurales (Fig. 30) et de confort thermique par exemple (Fig. 31).

Figure 30. Maquette structure du futur Palais de justice de Paris (© Setec Bâtiment).

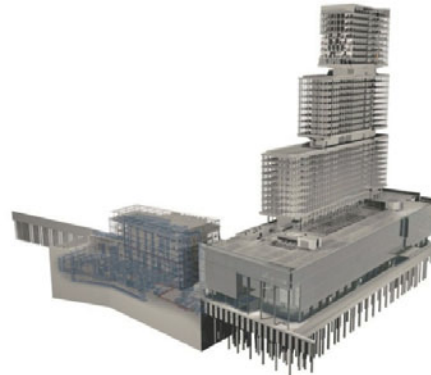
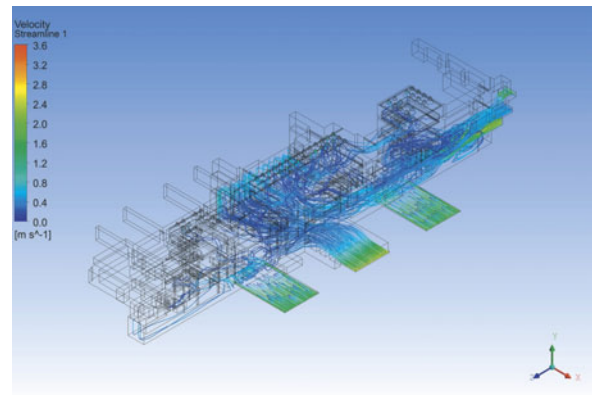


Figure 31. Analyse du confort thermique des espaces publics du « socle » (© Setec Bâtiment).



5.2.3 - Projet des gares du métro de Delhi (Inde)

PRÉCISIONS

Architecte : Systra – Département « Gare-Stations-Urbanisme »
Ingénierie : Systra

La conception des gares souterraines et aériennes, spécifiques par leur confinement, nécessite de réaliser des simulations dynamiques d'incendie et d'évacuation des fumées afin de valider les concepts architecturaux (Fig. 32 à Fig. 35).

Une maquette spécifique a été utilisée pour réaliser ces simulations sur un modèle métier.

La compatibilité aux IFC de ce modèle permet d'envisager l'utilisation de la maquette BIM architecturale et technique afin d'améliorer ces simulations.

Figure 32. Maquette numérique de la gare de Sarojini Nagar du métro de Delhi (© Systra).

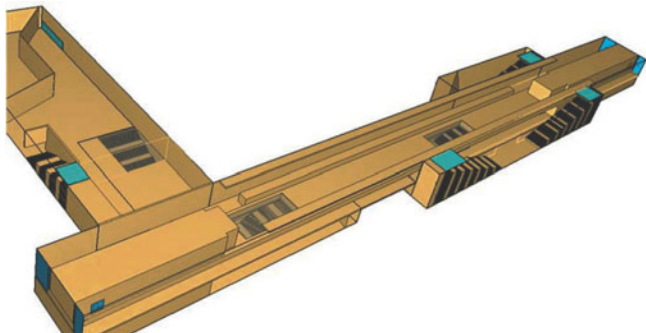


Figure 33. Maquette numérique de la gare de Sarojini Nagar du métro de Delhi – Simulation dynamique d’incendie d’un bagage (© Systra).

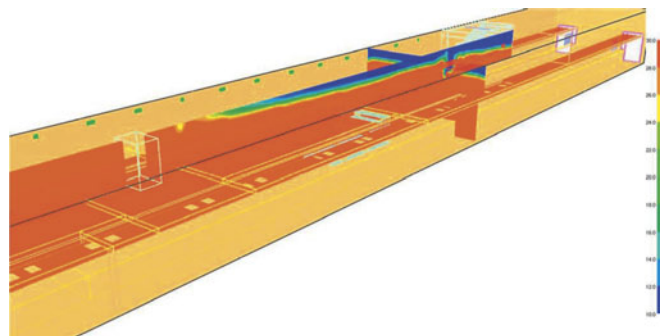


Figure 34. Maquette numérique de la gare de Sarojini Nagar du métro de Delhi – Vérification des conditions de visibilité pour l’évacuation (© Systra).

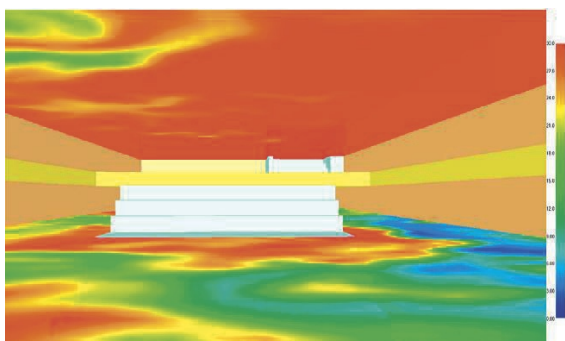
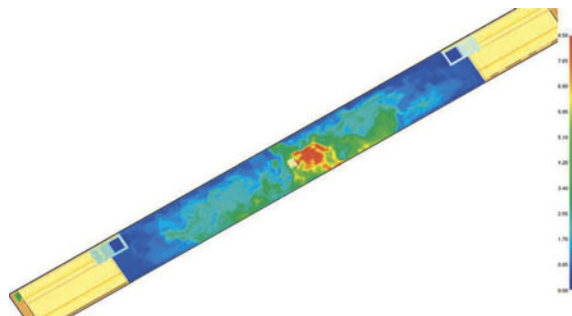


Figure 35. Maquette numérique de la gare de Sarojini Nagar du métro de Delhi – Analyse de la concentration de CO dans l’air (© Systra).



5.2.4 - Projet Batna pour un centre de maintenance ferroviaire en Algérie

RAPPEL

Architecte : Nicolas Foucher (Systra – Département « Gare-Stations-Urbanisme »)

Ingénierie : Systra

La modélisation concerne un site de maintenance de tramways en Algérie composé de quatre bâtiments : bâtiment administratif, de maintenance, dépôt et groupe de production centralisé d’eau chaude et d’eau glacée (Fig. 36 à Fig. 39).

Il a été décidé de poursuivre la modélisation conceptuelle architecturale ND1 en produisant des maquettes BIM tout corps d’état ND2 et ND3 avec synthèse et réservations (Fig. 40). Les quantitatifs ont été produits à partir de ces maquettes.

À ce jour, la communication (via IFC) en export/import des données de la maquette vers les différents logiciels métiers (note de calcul d’éclairage, dimensionnement des réseaux...) est encore incomplète. L’exploitation des données nécessite donc l’utilisation de progiciels spécifiques coûteux et des manipulations encore complexes.

Le rapprochement inter-éditeurs autour d’un format universel a évolué positivement ces dernières années mais les possibilités d’exploitation des informations capitalisées par les maquettes ND3, ND4 et ND5 sont encore considérables.

Figure 36. Rendu réaliste du maquettage technique – Centrale de production centralisée d’eau chaude (© Systra).

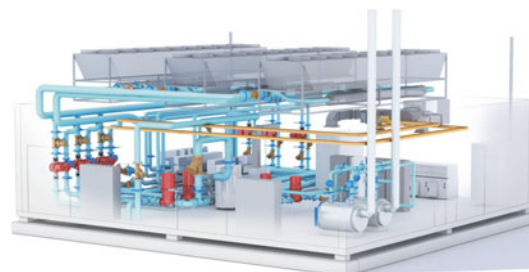


Figure 37. Vue générale de coordination technique – Bâtiment administratif (© Systra).

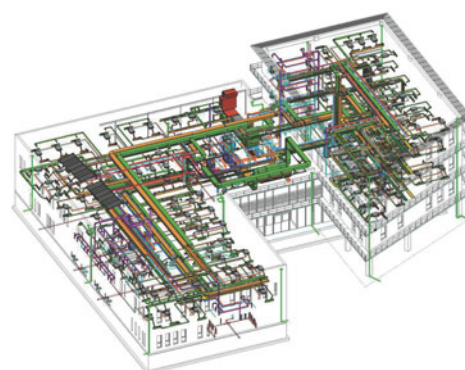


Figure 38. Contrôle des caractéristiques techniques du matériel (© Systra).

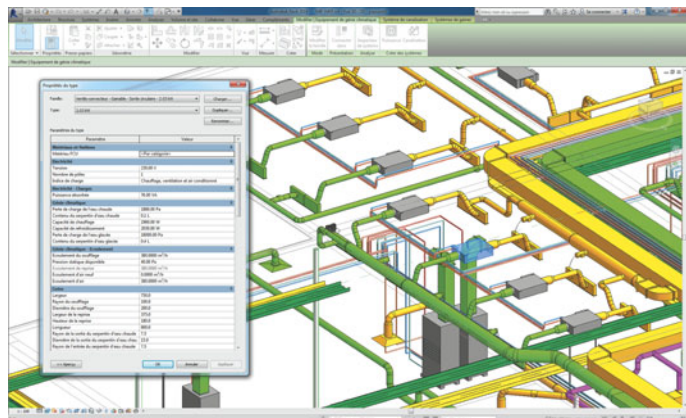
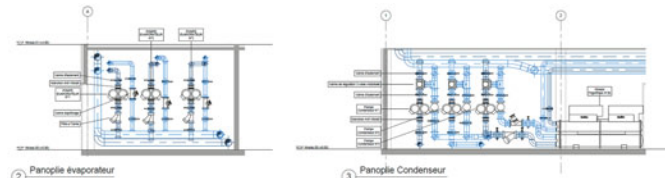
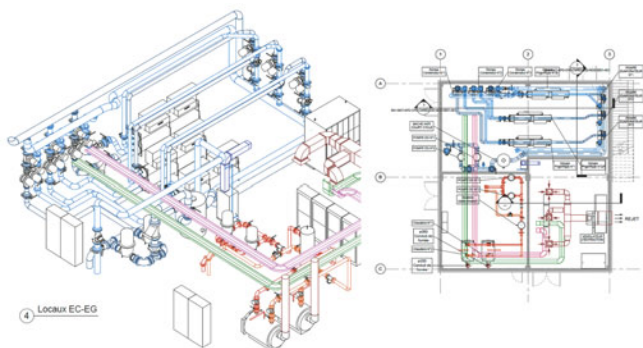


Figure 39. Rendu réaliste de la modélisation architecturale et technique – Atelier de maintenance (© Systra).



Figure 40. Exemple de livrable issu de la maquette ND3 en phase PRO – Centrale de production centralisée d'eau chaude et d'eau froide (© Systra).



5.2.5 - Construction d'un équipement pluridisciplinaire nommé « Arena » à Chartres

PRÉCISIONS

Architecte : Groupe-6 (mandataire) – Jean-Noël Pichot (co-traitant)

Ingénierie : SNC Lavalin

Le projet consiste en la construction d'un équipement plurifonctionnel culturel et sportif à Chartres comportant :

- 3 500 places en version sport (principalement handball) ;
- 6 000 places en version spectacle ;
- une surface Shon de 15 200 m².

Le dossier de ce projet (dit « Arena ») a été présenté en phase APD, niveau ND3.

Cette approche constitue un rendu supérieur au niveau APD tel que demandé par la loi MOP.

L'ensemble est réalisé sous les logiciels Revit Structure et Revit MEP.

Cette approche a permis de vérifier, au stade APD, la cohérence et la coordination des réseaux avec la structure et les équipements dédiés tels que les passerelles et coursives pour les équipements scéniques. De plus, elle facilite la validation du maquetage des locaux techniques de ventilation dans les espaces définis (Fig. 41 et Fig. 42).

Le rendu APD structure et lots techniques de ce projet a été réalisé entièrement à partir de la maquette numérique (Fig. 43).

Figure 41. Maquette numérique de l'Arena de Chartres avec l'ensemble des éléments techniques permettant la coordination spatiale (structure « transparente »)
(© SNC Lavalin).

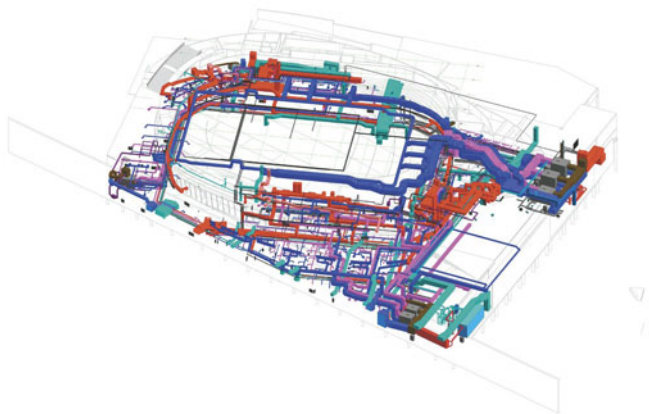


Figure 42. Coupe issue de la maquette numérique en visualisation 2D pour le rendu papier (© SNC Lavalin).

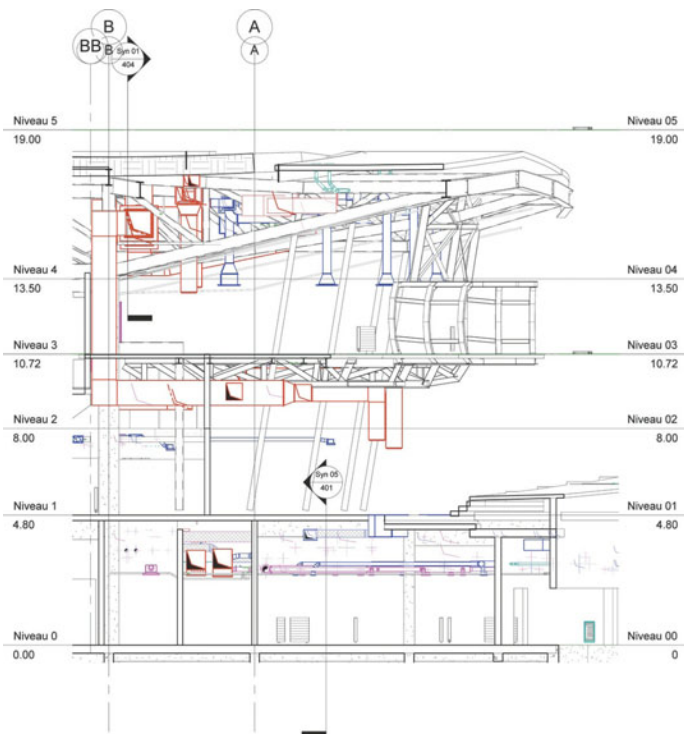
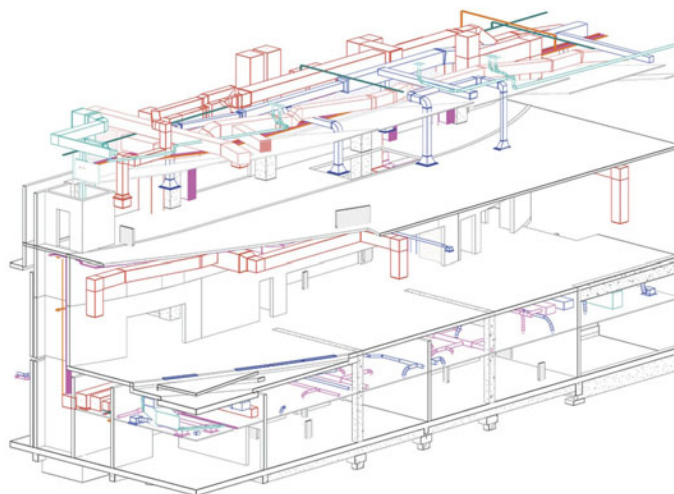


Figure 43. Coupe issue de la maquette numérique en visualisation 3D (© SNC Lavalin).



5.2.6 - Réaménagement et extension d'une usine

PRÉCISIONS

Architecte : (confidentiel)

Ingénierie : SNC Lavalin

Le projet présenté est la maquette numérique d'une usine pour la réalisation du dossier de consultation des entreprises (DCE) en ND3.

L'ensemble est réalisé sous Revit Structure pour la partie béton, Revit MEP pour les lots techniques et Tekla pour la structure métallique (Fig. 44 et Fig. 45).

Cette étude permet de réaliser l'ensemble des plans en phase DCE pour la consultation des entreprises.

Cette maquette aide à l'intégration en temps réel des équipements de process et à assurer la coordination technique et spatiale de l'ensemble (Fig. 46).

Figure 44. Maquette numérique des locaux techniques de l'usine avec intégration de l'ensemble des équipements (© SNC Lavalin).

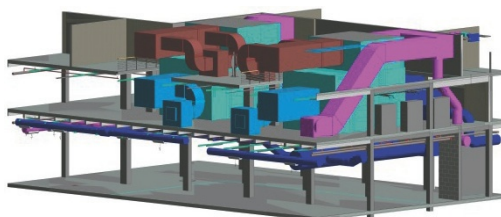


Figure 45. Extrait de la maquette numérique avec l'ensemble des lots techniques (© SNC Lavalin).

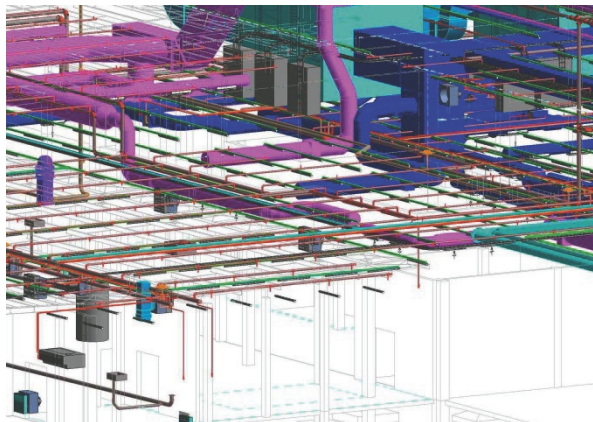
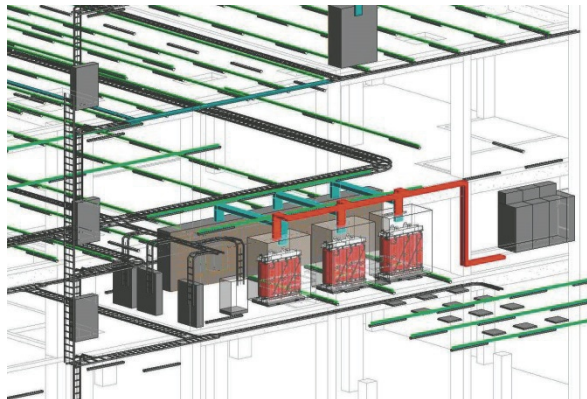


Figure 46. Extrait de la maquette numérique sur les postes de sprinklers (© SNC Lavalin).



5.2.7 - Construction du plateau médical technique et locomoteur (PMTL) et de l'Institut régional du cancer (IRC) de Hautepierre à Strasbourg

PRÉCISIONS

Architecte : Groupe-6

Ingénierie : Ingérop

Pour ces deux bâtiments hospitaliers d'environ 80 000 m² conçus en structure sismique, il a été choisi de développer le projet en BIM sur le logiciel Revit à partir des plans 2D de l'architecte à partir de l'APD (Fig. 47, Fig. 48 et Fig. 49). La mission de conception intègre la pré-exécution de la structure.

Ce niveau de développement est intermédiaire entre le ND3 et le ND4 avec synthèse et réservations dès le projet (PRO).

Figure 47. Structure des deux bâtiments (© Ingérop).

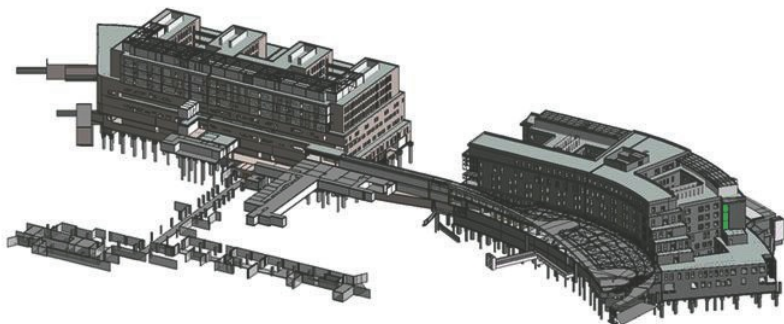


Figure 48. Réseaux du PMTL (© Ingérop).

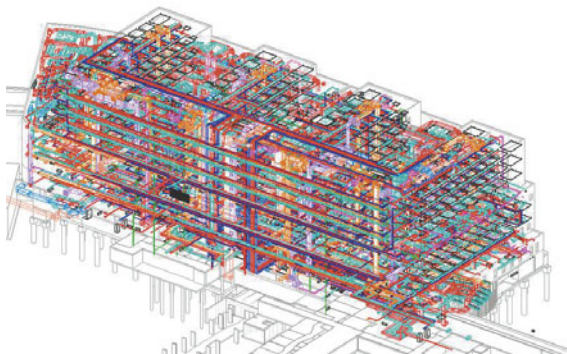
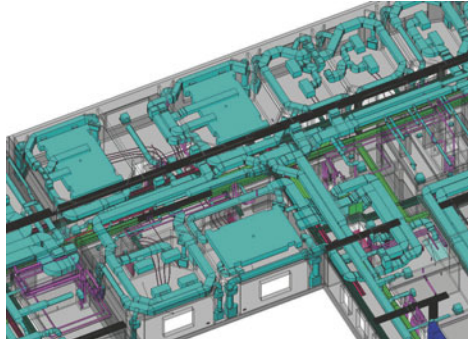


Figure 49. Salles d'opération (© Ingérop).



5.2.8 - Construction de la Maison des Sciences de l'Environnement de l'Université de Paris Est Créteil (UPEC)

PRÉCISIONS

Architecte : AIA architectes

Ingénierie : AIA ingénierie

Ce projet de laboratoires (4 000 m²) dédiés aux sciences de l'environnement de l'Université de Paris Est à Créteil a été développé en maquette numérique depuis l'APS-ND2 jusqu'en phase PRO/DCE-ND3.

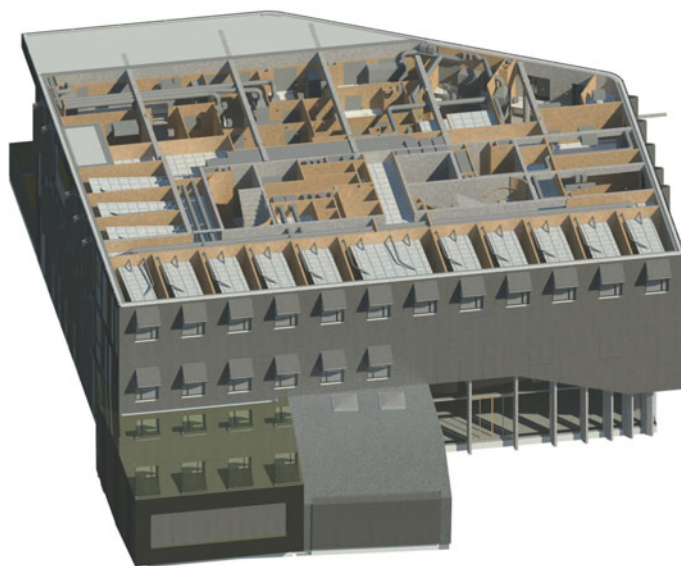
Le recours à la maquette numérique a permis de vérifier les interfaces entre les différents corps d'état techniques et d'assurer une synthèse technique de cet environnement de salles de laboratoires (Fig. 50 et Fig. 51).

Le développement de la maquette en PRO de niveau ND3 a également permis, grâce à des passerelles logicielles, de récupérer des informations pour la quantification des éléments et d'établir les avant-métrés.

Figure 50. Vue en perspective du projet de l'UPEC
(© AIA ingénierie).



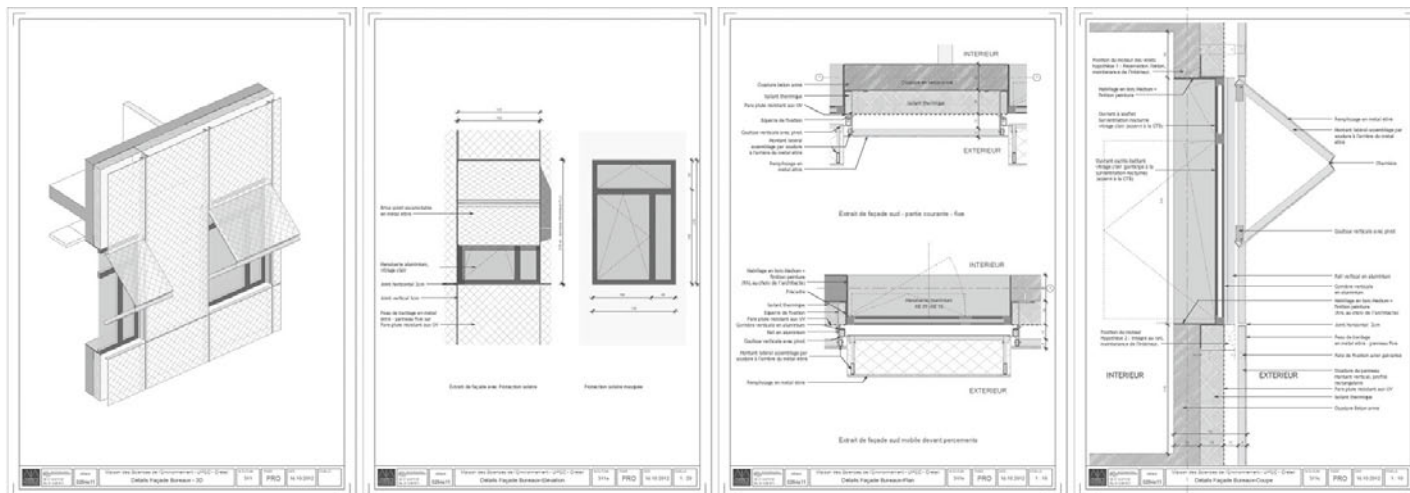
Figure 51. Pré-synthèse des réseaux et des terminaux
(© AIA ingénierie).



Ce projet vise une certification « HQE Bâtiment tertiaire » avec une attention particulière portée aux cibles de protection solaire et de confort visuel.

L'étude et la conception des volets ont été illustrées dans le DCE par des documents de niveau ND3 issus de la maquette numérique (Fig. 52).

Figure 52. Détails des volets extraits de la maquette numérique (© AIA ingénierie).



5.2.9 - ZAC Paris Rive gauche – Projet Duo – Tour Duo 2

PRÉCISIONS

Architecte : AJN

Ingénierie : Egis

En phase APS, la maquette numérique réalisée de la tour Duo 2 (maître d'ouvrage : Ivanohé Cambridge Investissement France ; maître d'ouvrage délégué : Hines France ; hauteur : 125 m) avec le logiciel Revit en ND3 permet de positionner les éléments de la structure (Fig. 53) avec une grande précision par rapport à l'environnement du projet (Fig. 54). La maquette numérique permet d'intégrer le dimensionnement de la structure calculé avec le logiciel Robot (Fig. 55).

Figure 53. Détail d'un élément de la structure de la tour Duo 2 en ND3 (© Egis).



Figure 54. Modélisation de la structure et des fondations de la tour Duo 2 en ND3 (© Egis).

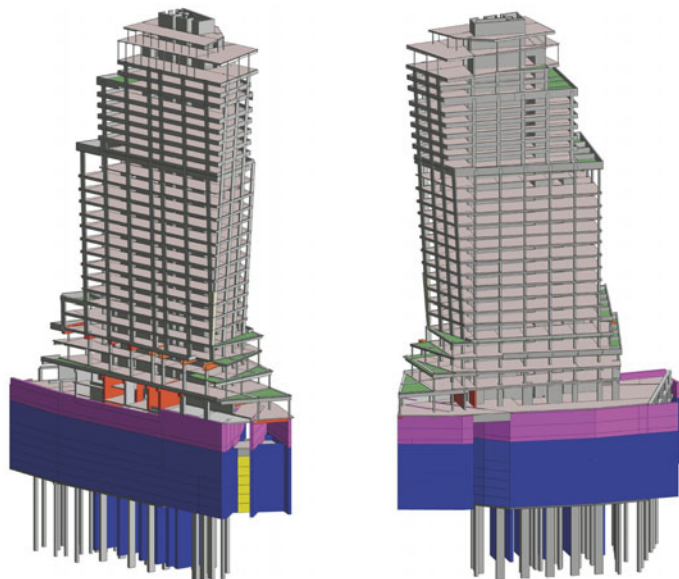
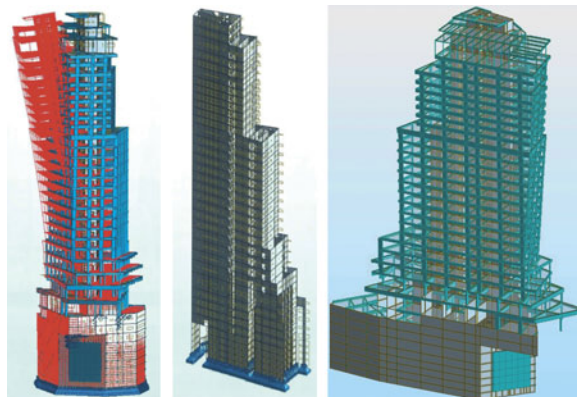


Figure 55. Modèle de calcul aux éléments finis (Robot) réalisé à partir du modèle Revit (© Egis).



5.2.10 - ZAC Paris Rive gauche – Îlot A9B – Immeuble de bureaux sur la dalle SNCF

PRÉCISIONS

Architecte : Christian de Portzamparc

Ingénierie : Egis

La structure de la poutraison porteuse réalisée par la SNCF pour franchir les voies est modélisée en ND2. La structure du bâtiment est ensuite conçue et modélisée en ND3 de façon à respecter les points d'appui disponibles pour les descentes de charges ponctuelles (poteaux) ou linéaires (voiles) (Fig. 56 et Fig. 57). La maquette numérique permet de vérifier dans le détail la compatibilité du projet par rapport à la structure de la SNCF et aux différentes interfaces. Elle permet également de valider la hauteur de dalle à dalle et les hauteurs libres sous plafond dans les étages de bureaux.

Figure 56. Structure des niveaux inférieurs du bâtiment posée sur la structure SNCF (© Egis).

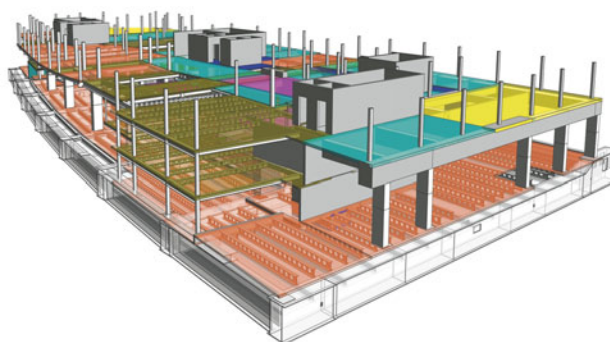
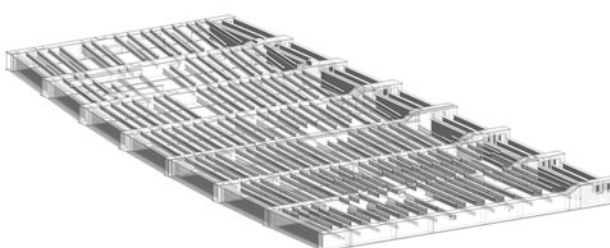


Figure 57. Structure porteuse réalisée par la SNCF (© Egis).



6 - NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT 4 (ND4) – SYNTHÈSE – ÉTUDE D'EXÉCUTION – CONSTRUCTION



6.1 - Vision générale

Ce niveau de développement (ND) est celui de l'**exécution des travaux par l'entreprise**.

La maquette numérique (MN) de ND4 intègre progressivement les caractéristiques des éléments retenus dans les marchés d'entreprises et mis au point durant les études d'exécution (Fig. 58 et Fig. 59).

Le titulaire des études d'exécution développe la maquette ND3 et produit ses documents d'exécution, d'usine, de fabrication, d'atelier. Il établit ses commandes, sa méthodologie d'exécution et intègre les informations dans la MN qui devient ND4.

Cette maquette permet d'apprécier les impacts éventuels des modifications potentielles pendant la phase d'exécution.

Figure 58. Modélisation de la panoplie sanitaire et des réseaux de la gaine technique (© Artelia).

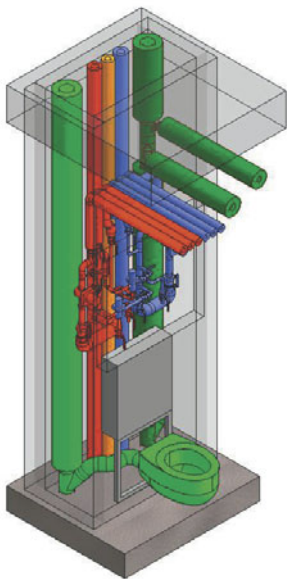


Figure 59. Rendu réaliste du maquettage d'un local technique électrique (© Artelia).



6.2 - Cas concrets pour le niveau de développement ND4

6.2.1 - Projet de pavillons dans les jardins des Boulingrins à Monte-Carlo (Principauté de Monaco)

RAPPEL

Architecte : Richard Martinet

Ingénierie : Setec Bâtiment

Une maquette numérique de ND4 est propre à supporter l'exécution du projet.

Ainsi une maquette numérique peut être :

- un support de préfabrication en décrivant les éléments devant l'être (Fig. 60) ;
- une aide au chantier en accompagnant la mise en œuvre des éléments préfabriqués (Fig. 61).

Figure 60. Description des éléments structuraux du projet (© Setec Bâtiment).

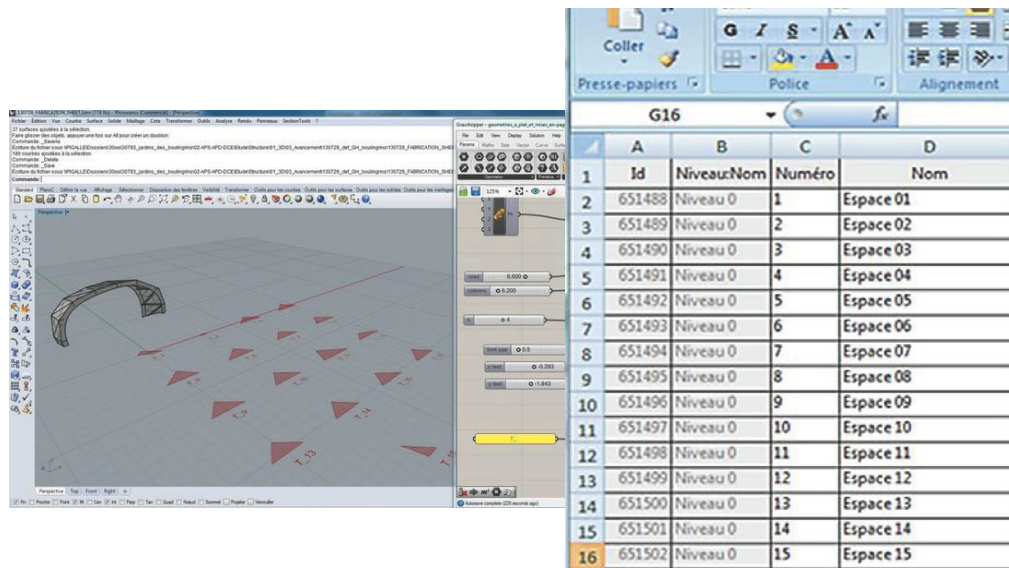


Figure 61. Utilisation de la maquette numérique pour accompagner la mise en œuvre d'éléments préfabriqués sur le chantier (© Setec Bâtiment).



6.2.2 - Construction d'une nouvelle unité de production pharmaceutique

PRÉCISIONS

Architecte : (confidentiel)

Ingénierie : Jacobs

Les documents d'exécution ont été produits pour l'ensemble des disciplines techniques : génie civil/structure, génie climatique, tuyauterie, électricité, et architecture.

La majorité de ces documents produits a été bâtie sur la base de données échangées avec, et/ou extraites d'autres éléments numériques du projet.

Pour assurer la gestion, la coordination, l'administration et l'intégration des informations techniques, ainsi que la coordination spatiale globale, en définissant des « workflows » de saisie et d'échanges (« vers » et « depuis » les maquettes numériques), ainsi que des procédures de revue des maquettes, des outils tels que PDMS, Revit et Tekla ont coexisté.

Toutes les données concernant les salles de production, ainsi que les équipements sur cloisons et faux plafonds, les interfaces des structures métalliques... étaient intégrées dans la maquette numérique architecturale (Fig. 62 et Fig. 63). Ceci permettait les extractions des plans détaillés horizontaux et vues en élévation des cloisons, avec toutes les cotes détaillées pour le constructeur (Fig. 64 à Fig. 68), et des fiches complètes de données de salles pour les exploitants (paramètres de climatisation, classifications, surfaces, volumes, équipements de mesure et de production, types de portes et de fenêtres...).

Sur la base de ces informations, les entreprises ont établi leurs devis, acheté le matériel et exécuté directement les travaux.

Certaines entreprises disposent aussi d'outils de production qui permettent d'intégrer directement les informations extraites de la maquette pour établir leur plan d'exécution d'ateliers (ex. : structure métallique).

Leurs maquettes détaillées peuvent à nouveau être intégrées pour les vérifier en termes de coordination spatiale.

Cette démarche a permis d'obtenir une continuité dans le processus de conception au cours de la phase de construction et ainsi d'optimiser le délai de réalisation des travaux tout en limitant les anomalies de construction grâce à une synthèse maîtrisée et à la cohérence des informations issues d'une base commune et partagée.

Figure 62. Vue des tours de refroidissement (© Jacobs).

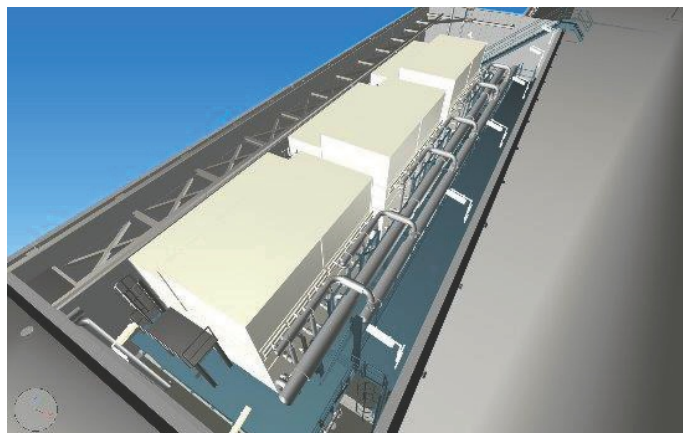


Figure 63. Vue du local de distribution d'eau glacée (© Jacobs).



Figure 64. Exemple de livrable bon pour construction – Second œuvre d'une salle blanche – Extrait de la maquette architecturale (© Jacobs).

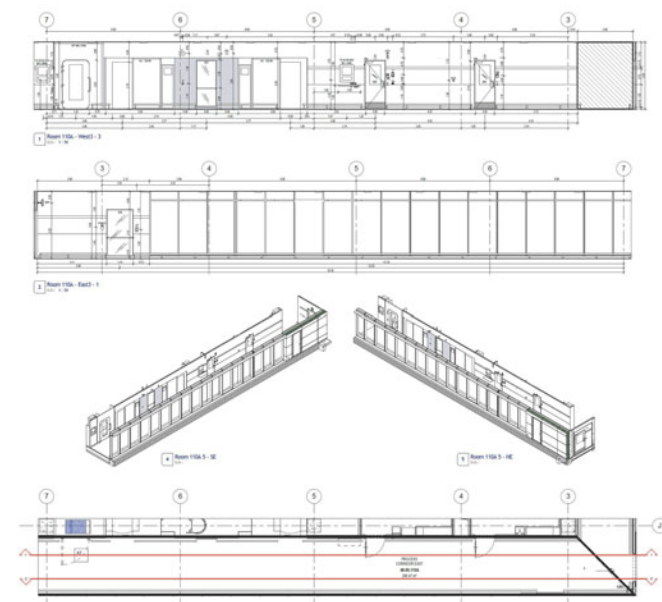


Figure 65. Zoom sur une élévation de mur d'une salle – Extrait de la maquette architecture du projet (© Jacobs).

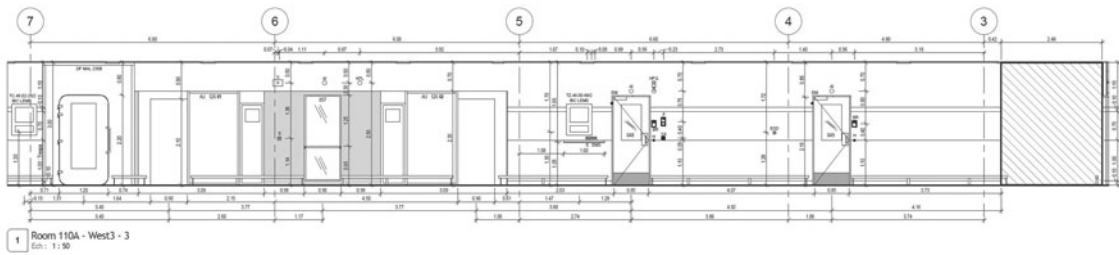


Figure 66. Zoom sur une vue en perspective du local dont les élévations des murs sont extraites (© Jacobs).

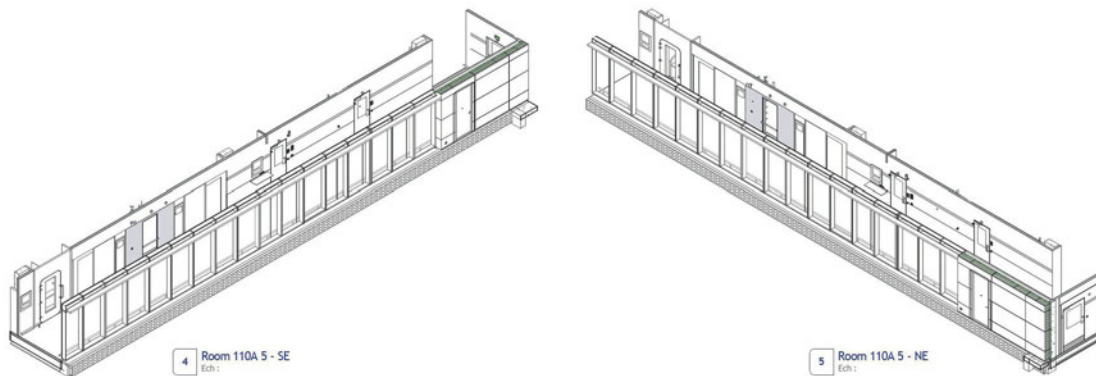


Figure 67. Vue isométrique d'une partie des réseaux aérauliques, détaillant l'ensemble des éléments – Extrait de la maquette génie climatique (© Jacobs).

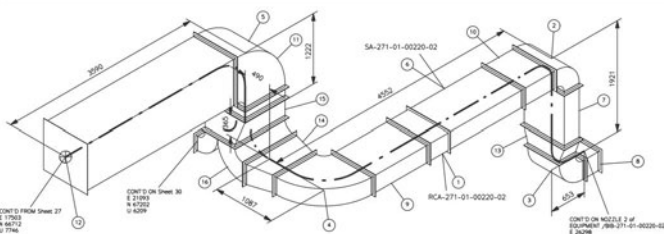
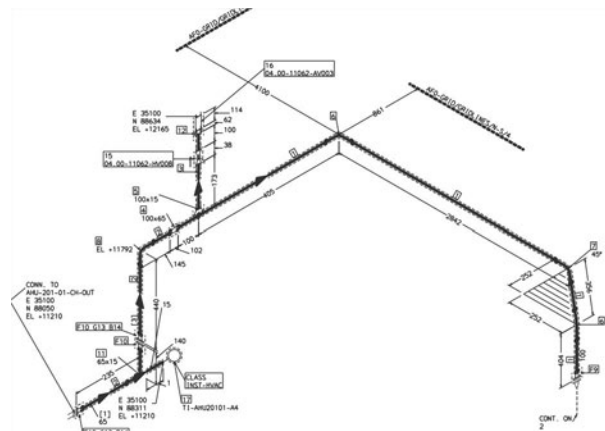


Figure 68. Vue isométrique d'une partie du réseau hydraulique détaillant l'ensemble des éléments dont il est constitué – Extrait de la maquette tuyauterie (© Jacobs).



6.2.3 - Construction du pôle logistique de l'Hôpital de Belfort-Montbéliard

PRÉCISIONS

Architecte : Ateliers 2/3/4

Ingénierie : Ingérop

Dans le cadre d'un partenariat public-privé (PPP), la réalisation de cet ouvrage de 35 000 m² comprend : zone de bureaux, cuisine, blanchisserie et zone de stockage.

En raison d'un planning extrêmement court, il a été choisi de réaliser la synthèse d'exécution en BIM à partir des plans en 2D (Fig. 69).

La synthèse a été réalisée rapidement après modélisation des données d'entrée 2D (Fig. 70 à Fig. 73).

Figure 69. Vue générale de la coordination technique (© Ingérop).

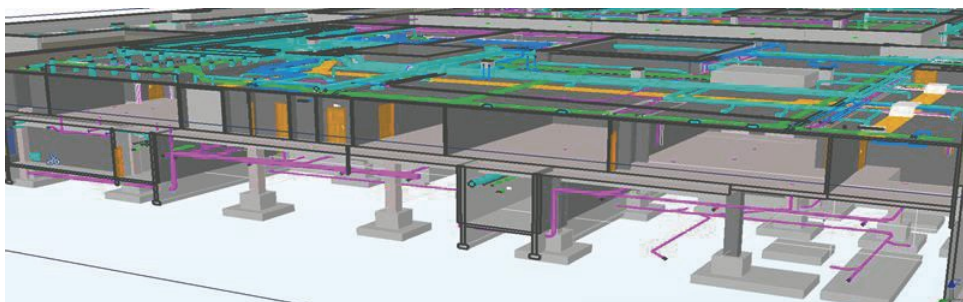


Figure 70. Coupe de synthèse (© Ingérop).

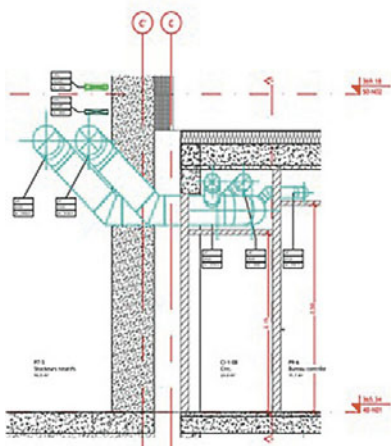


Figure 71. Rendu à partir de la maquette de synthèse (© Ingérop).

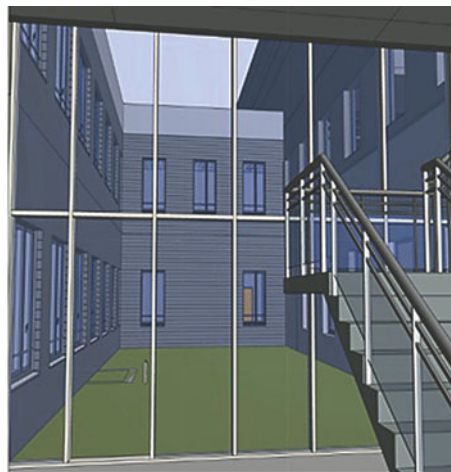


Figure 72. Perspective : synthèse des terminaux (© Ingérop).

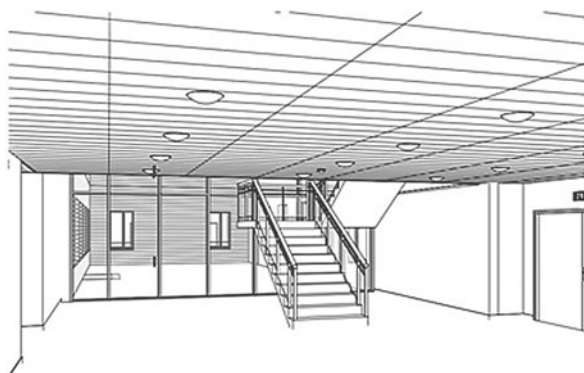
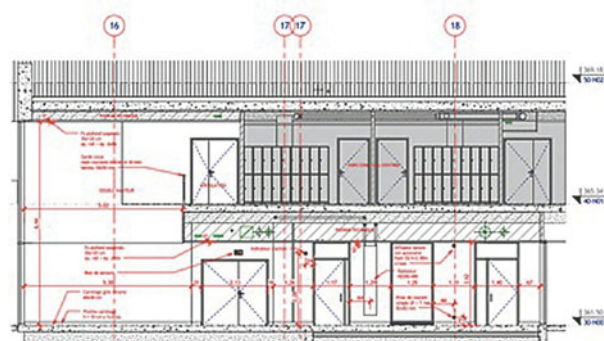


Figure 73. Synthèse des terminaux verticaux à partir de la maquette de synthèse (© Ingérop).



6.2.4 - Futur Palais de justice de Paris

RAPPEL

Architecte : Renzo Piano Building Workshop (RPBW)
Ingénierie : Ingérop

La mission de réalisation de la synthèse d'exécution, très étendue, est décomposée en :

- récupération, compléments et synthèse à partir des maquettes des concepteurs ;
- réalisation des réservations et de la coordination nécessaires à la structure ;
- transmission de la maquette coordonnée et du dossier de plan associé aux sous-traitants ;
- vérification de la conformité des plans d'exécution à la synthèse.

Dans cet ouvrage de 180 000 m² étudié en BIM dès l'esquisse, le constructeur a la volonté de développer la maquette numérique pour la future exploitation (ND5).

Un effort important est développé pour produire les plans 2D nécessaires à la construction à partir de la maquette afin de garantir le processus « BIM » (Fig. 74 à Fig. 77).

Figure 74. Rendu de synthèse 2D (© Ingérop).

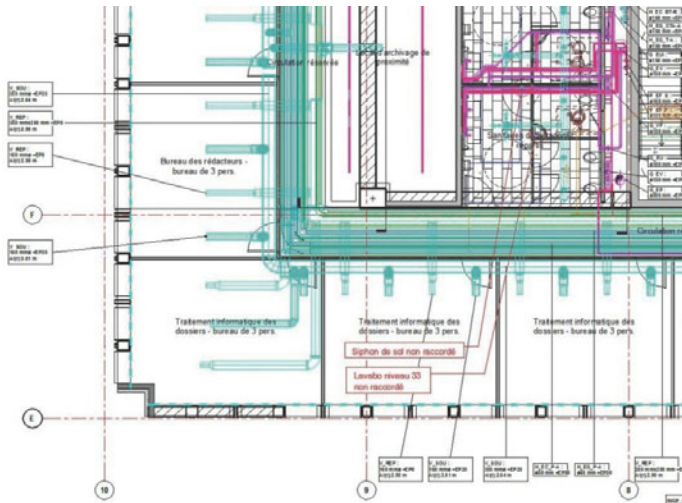


Figure 75. Gaine technique avec réservations (© Ingérop).

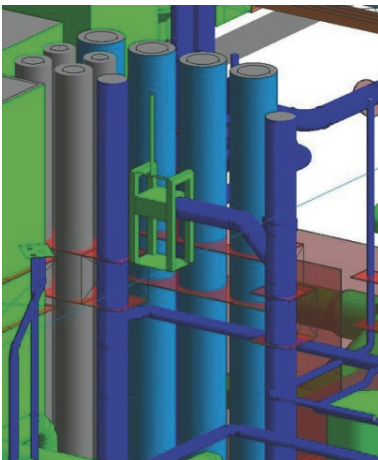


Figure 76. Vérification des sous-stations (© Ingérop).

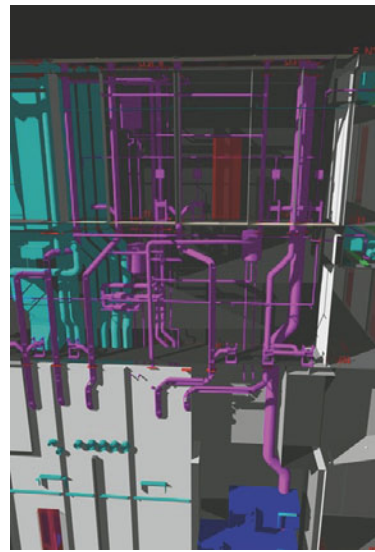
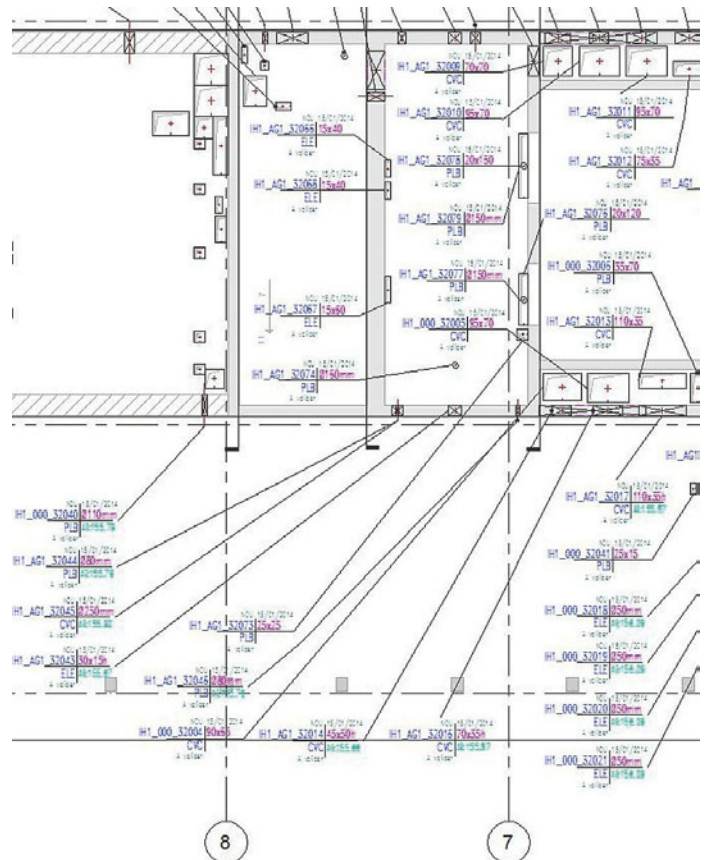


Figure 77. Rendu 2D des réservations (© Ingérop).





7 - NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT 5 (ND5) – DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS

La maquette numérique en ND5, **double virtuel de la construction**, contient toutes les informations des dossiers des ouvrages exécutés (DOE).

De cette maquette peuvent être extraits des plans détaillés de l'ouvrage ainsi que tous les documents permettant l'exploitation et la maintenance des équipements installés (Fig. 78 et Fig. 79).

Ce niveau ND5 permet le développement ultérieur de maquettes ND6 (Cf. 8). Il permet donc l'extraction de maquettes, supports de l'exploitation, de la gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) et des interventions ultérieures.

Figure 78. Plate-forme Internet d'accès aux informations contenues dans la maquette numérique telle que construite (© Jacobs).



Figure 79. Fiche technique extraite de la maquette numérique (© Jacobs).

				VESSEL PROCESS SPECIFICATION	
CUSTOMER NAME:				PROJECT No: 1-1A-10001-49	
LOCATION:				UNIT No: 10001	
DESCRIPTION:				ITEM No: TK-0001 No. REQD: 1	
SERVICE:				DOCUMENT CAT./CLASS 1	
REV	01	01		DOCUMENT No: SPEC TK-0001	
DATE	22/12/2006	13/01/2007		SHEET 1 OF 2	
DRG. BY	CW	CW		DOCUMENT SEQUENCE No.	
APP. BY	SR				

Technical drawing of a vessel showing dimensions and callouts. The vessel has a rectangular body with a gabled roof. Dimensions: Height 21900, Width 32900. Callouts: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. Text: HSHL 21300, HSL 21100, LLL 4000, LLLL 3800, NOTE 5.

All measures are in millimeters.

					VESSEL PROCESS SPECIFICATION	
CUSTOMER NAME:					PROJECT No: 1-14-1002 / 49	
LOCATION:					UNIT No: E0513	
DESCRIPTION:					ITEM No: TK-0001 No. REQD: 1	
SERVICE: Vial Sour Service					DOCUMENT CAT-CLASS 1	
REV: Q1 D1					DOCUMENT No. (SPEC TK-0001)	
DATE: 20/12/2005 13/01/2007					SHEET 2 OF 2	
ORD. BY: CW CW					DOCUMENT SEQUENCE No.	
APP. BY: SR						
NOZZLE CHART						
COVN	SIZE	SERVICE	REMARKS	No.	Design Pressure (1) Top/Bottom 0.02 / -- kg/cm ²	
1	8	INLET		1	Design Temp. Top/Bottom 93 / 93 °C	
2	10	SOUR WATER OUTLET		1	Operating Pressure Top/Bottom 0.01 / -- kg/cm ²	
3	4	SKIM OIL OUTLET		1	Operating Temp. Top/Bottom 50 / 50 °C	
4	10	PUMP-OUT		1	Vial. design condition --- kg/cm ² @ --- °C	
5	Note 7	OVERS OIL		1	Steamout Conditions --- °C @ --- kg/cm ²	
6	6	BLANKETING CONNECTION		1	Short term maximum temperature of --- °C for --- hrs	
7	Note 7	RELIEF		1	Conduct pressure --- kg/cm ²	
8	2	1/1.5" (OVER)	Note 2	1	Minimum temperature --- °C @ --- kg/cm ²	
9	2	1/1.5" (OVER)	Note 2	1		
10	2	1/1.5" (L)	Note 2	1	Pressure/Temperature Cycling ---	
11	2	1/1.5" (H)	Note 2	1	Stress Relief (Process Reasons) (3)	
12	2	PROCESS INSTRUMENT	Note 2	1	Insulation (3)	
13	2	RELIEF	Note 2	1	Fracoding ---	
14	24	MANWAY				
15	Note 7	BLUOUFF HATCH		1	PED Flud Type/Size --- / ---	
MATERIALS						
Shell					CS	Corr Allowance 6 mm
Shell/Lining/Cladding					---	Thickness ---
Head					---	Corr Allowance ---
Head Lining					---	Thickness ---
Internals					CS	Corr Allowance ---
Others:						
GENERAL NOTES:					OPERATING TEMPERATURE PROFILE (columns only)	
(1) Design pressure excludes static head of liquid Vessel/Column to calculate. Maximum operating liquid level = 21.3 m					Tray No. °C	
Operating liquid SG = 0.68						
(2) Number & size of instrument connections to be confirmed by Instrument Group						
(3) Personnel protection & contamination of required by Engineering					TANK VENTING DATA	
(4) Equipment in Vial Sour Service					Blanketing gas rate --- m ³ /hr	
(5) Oil stream with hard pipe and swirl vents to be provided for Vial Sour Service. Vendor to select suitable swirl port to meet service period required					Max. air entrainment rate --- m ³ /hr	
(6) Instrumenting and outsourcing rates in Nm ³ /h					Emergency relief	
(7) By EPC CONTRACTOR					Flow --- kg/h	
					MW --- kg/mol	
					Relieving temperature --- °C	
					Max. relieving pressure --- kg/cm ²	
					Purge	
					Purge rate --- m ³ /hr	
					Purge gas --- m ³ /hr	

8 - NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT 6 (ND6) – EXPLOITATION



L'objectif d'une maquette en ND6 est de déployer l'information nécessaire aux utilisateurs en vue de l'exploitation de l'ouvrage construit.

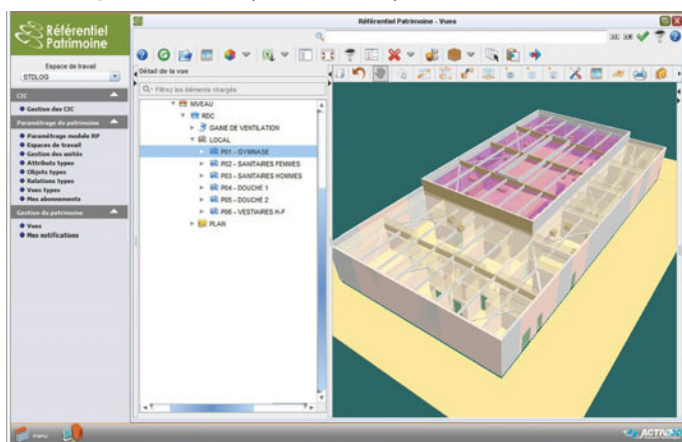
Les utilisateurs sont les gestionnaires du patrimoine mais aussi les intervenants (maintenance, audit...) et les occupants.

La manipulation de la maquette numérique de ce niveau de développement ND6 doit pouvoir se faire dans un environnement sans logiciel de construction assistée par ordinateur (CAO) donc au travers d'une interface simplifiée.

Cette interface comprend plusieurs niveaux de détail en fonction de son utilisation :

1. Un modèle architectural simple contenant les informations se rapportant aux locaux et à leurs surfaces respectives pourra être extrait et importé dans la gestion technique de patrimoine (GTP) (Fig. 80).

Figure 80. Exemple de vue d'une enveloppe d'un projet via un système GTP (© ACTIVE 3D).

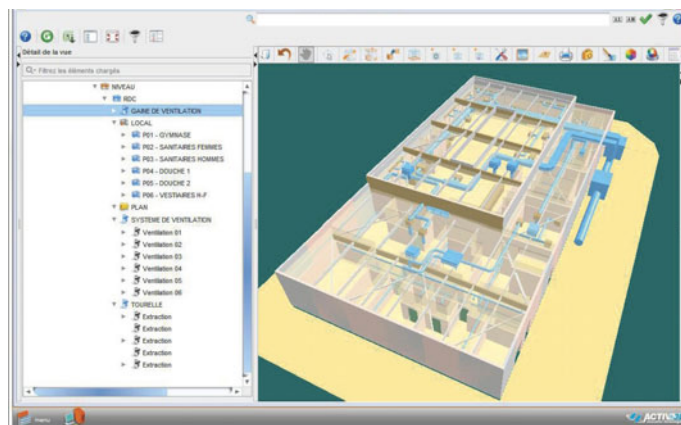


Ce modèle permet d'obtenir la structure de l'ouvrage aussi bien intérieure qu'extérieure. Il en découlera les surfaces utiles, surfaces vitrées..., matériaux et coefficients d'échange thermique des murs et cloisons qui facilitent l'établissement des plans d'entretien des sols et des espaces verts.

On peut aussi en déduire l'emprise au sol du bâtiment et, grâce à ses informations de localisation, représenter l'ouvrage dans son environnement à l'aide d'un système d'information géographique (SIG).

2. Un modèle architectural auquel s'ajoute un réseau plus complet permettra de compléter la vue précédente avec, par exemple, l'intégralité du lot « réseau de ventilation » (Fig. 81).

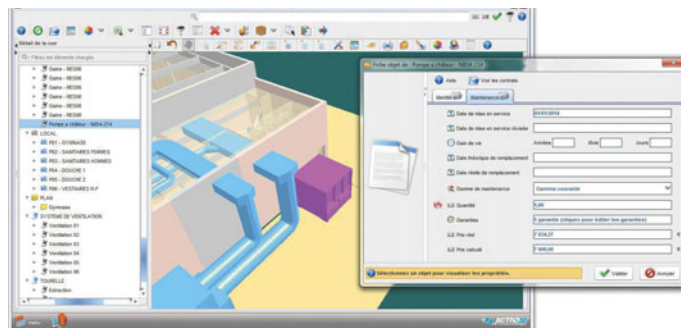
Figure 81. Exemple de vue d'un réseau d'un projet via un système GTP (© ACTIVE 3D).



Ce modèle permettra donc de connaître les positions des terminaux du réseau de ventilation dans l'ouvrage, les modèles ainsi que les quantitatifs de chaque équipement composant ce réseau (Fig. 82).

L'import dans la GTP de tels modèles ouvre la porte à leur exploitation et à l'identification des différents systèmes du projet, dans leur ensemble et jusqu'à leurs composants.

Figure 82. Connaissance d'un équipement au travers de sa fiche descriptive détaillée, incluant un lien vers ses garanties, gamme de maintenance et contrats (© ACTIVE 3D).



L'exploitation dans la gestion technique de patrimoine (GTP) va au-delà de la connaissance des constituants du patrimoine et de leur identification (Fig. 83 à Fig. 85).

Elle permet aussi :

- d'étudier et d'évaluer l'ouvrage en termes de vétusté et qualité des matériaux en réalisant des audits ;
- d'évaluer les performances énergétiques (consommation, isolation...) en exploitant les possibilités de la télérelève qui, grâce aux compteurs intelligents, permet de suivre le rapport entre les conditions météorologiques auxquelles le bâtiment est soumis et la consommation des différents équipements du lot chauffage/climatisation ;
- de respecter la réglementation à laquelle sont soumis les différents constituants du bâtiment (ascenseurs, sécurité, plan d'évacuation...) ;
- de faire un suivi des maintenances des différents équipements ;
- de réagir aux demandes d'intervention sur, par exemple, les équipements défectueux rapportés par des occupants.

Figure 83. Exemple de demande d'intervention localisée via GTP (© ACTIVE 3D).

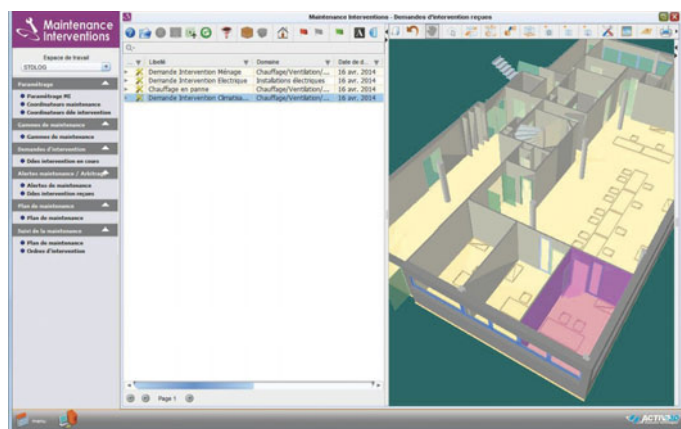


Figure 84. Synthèse des informations utilisées en exploitation et maintenance (© ACTIVE 3D).

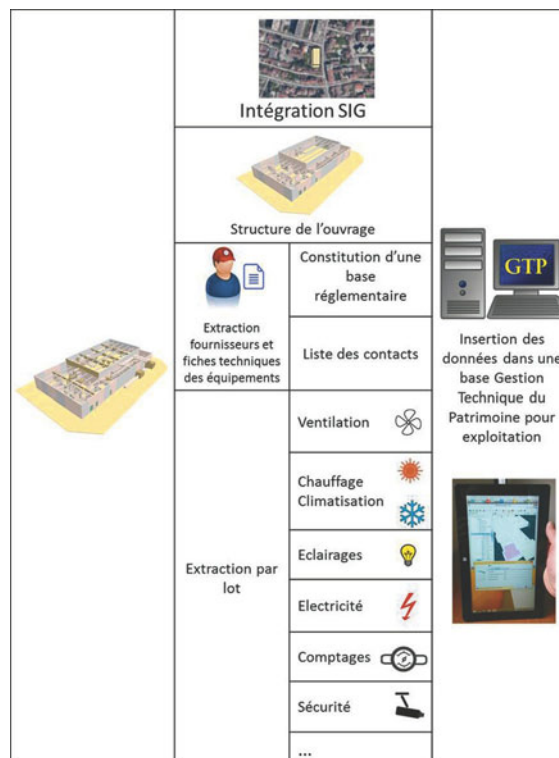
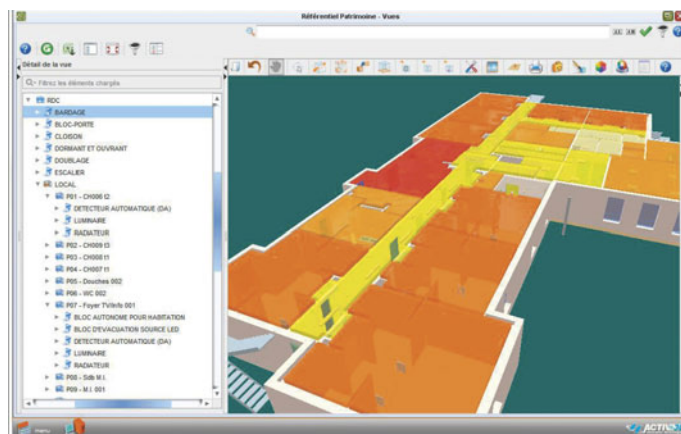


Figure 85. Exemple de visualisation via GTP des différents niveaux de chauffage (© ACTIVE 3D).



CONCLUSION

Ce document est le fruit de retours d'expériences concrètes de plusieurs sociétés d'ingénierie. En effet, après avoir eu l'opportunité de conduire plusieurs projets à l'aide de la maquette numérique, elles ont pu mesurer les perspectives de progrès qu'offre cet outil, mais aussi les difficultés générées par les changements profonds de méthode de travail.

Ce Cahier pratique se veut donc un support pour le travail concret d'équipes sur des projets.

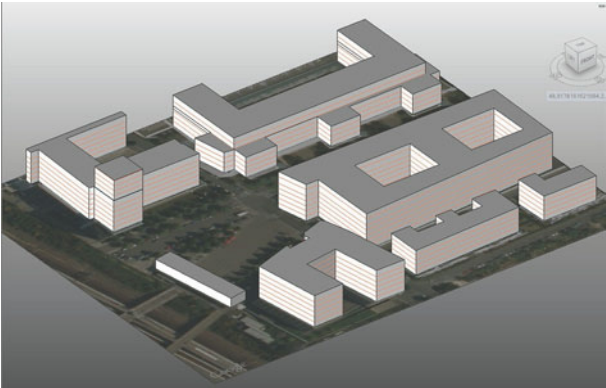
Mais il est également un appel à la discussion et à l'échange, afin que l'ensemble des partenaires de l'acte de construire puisse élaborer une vision convergente de l'usage de ces outils, consensus qui seul permettra de maximiser les bénéfices qu'ils promettent.

Si le passage de la planche à dessin au dessin assisté par ordinateur (DAO) a profondément marqué le secteur de la construction à la fin des années 1980, l'utilisation de la maquette numérique va probablement le révolutionner.

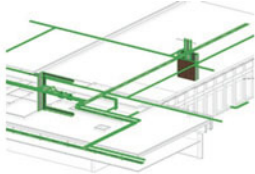
L'accompagnement de cette révolution passe par une structuration encore plus rigoureuse des interfaces et des méthodes qui concourent à la conception, à la réalisation et à l'exploitation des ouvrages.

C'est ce à quoi ce document espère avoir contribué.

ANNEXE – TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES CINQ NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT

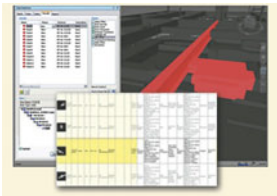
DISCIPLINE	NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND1 – CONCEPTS – ESQUISSE Ce niveau de développement (ND) permet d'analyser la maquette numérique (MN) pour les aspects d'impacts sur le site : mouvements de sol, ensoleillement, masques, vents, insertion dans le site, interfaces avec avoisinants et existants...
VISION GRAPHIQUE	
GÉNÉRAL/PROJET	<p>Maquette sommaire : (Opérateur : architecte/Contributeur : ingénierie sur indications techniques) Niveau conceptuel permettant de corréler la composition volumétrique aux exigences programmatiques et réglementaires.</p> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> – implantation et orientation dans le site ; – composition volumétrique en masse ; – principaux volumes intérieurs par niveau ; – phasage (ou tranches de travaux) par bâtiment suivant le programme ; – approche économique (ratio) ; – stratégie énergétique et bioclimatique. <p>Sources :</p> <ul style="list-style-type: none"> – le programme ; – les données : plans topographiques, études de sol, rapports d'évaluation des risques (naturels, technologiques...), MN de l'existant ; – les règles d'urbanisme pour l'implantation et la composition des volumes selon les réglementations locales et nationales ; – les règles de construction pour l'intégration des principales contraintes constructives (sécurité, sûreté, sismique...) ; – les règles de confort pour la définition de la MN dans sa forme et son orientation en tenant compte des contraintes thermiques, acoustiques et environnementales (RT, NRA, HQE, H&E, Breeam, LEED...).
ARCHITECTURE	<p>Réalisation de la MN comprenant une :</p> <ul style="list-style-type: none"> – géolocalisation et information cadastrale ; – définition géométrique de tous les volumes ; – définition de la géométrie des enveloppes, de leur performance et de leurs caractéristiques techniques générales ; – définition des trames (structurelles et de façades) ; – définition des distributions intérieures verticales et horizontales ; – définition des niveaux avec les zones fonctionnelles et les principales divisions internes permettant de connaître les surfaces et volumes internes ; – intégration des informations transmises par les disciplines techniques (surfaces, volumes, localisations, fonctions) ; – définition des concepts structurels et de sécurité incendie. <p>Source : Cf. GÉNÉRAL/PROJET</p>
FAÇADE	<p>Participation à la MN : (Cf. ARCHITECTURE)</p> <ul style="list-style-type: none"> – définition de la géométrie des enveloppes, de leur performance et de leurs caractéristiques techniques générales ; – coordination avec la discipline ARCHITECTURE pour les aspects fonctionnels, de sécurité, de confort et de performance énergétique. <p>Source : la MN Architecture</p>

DISCIPLINE	NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND1 – CONCEPTS – ESQUISSE <i>(suite)</i>
SECOND ŒUVRE	Participation à la MN : <ul style="list-style-type: none"> – pas d'informations saisies dans la MN ; – prédéfinition des produits prescrits.
VRD – AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS	Participation à la MN : <ul style="list-style-type: none"> – définition du cadre existant de l'environnement du projet ; – géolocalisation et information cadastrale des principales utilités (énergie, rejets, alimentations des fluides) ; – identification des impacts environnementaux (bassin versant-eau, incendie, Seveso...).
GÉNIE CIVIL	Participation à la MN : <p>Essentiellement communiquer des surfaces techniques et des surfaces de gaines techniques pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la coordination et la définition de la trame avec l'architecte ; – le calage de la hauteur des étages en coordination avec les disciplines et l'architecte ; – la définition technique des éléments principaux de l'ouvrage structurel ; – la définition géotechnique de l'ouvrage structurel.
CFO	Participation à la MN : <p>Essentiellement communiquer des surfaces techniques et des surfaces de gaines techniques pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – les postes de livraison ; – les locaux de transformation, TGBT, TGS ; – les onduleurs, GE ; – les gaines CFO (courant fort).
CFA	Participation à la MN : <p>Essentiellement communiquer des surfaces techniques et des surfaces de gaines techniques pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – les locaux opérateurs, les locaux de brassage ; – les salles d'informatique ; – les gaines CFA (courant faible).
CVC	Participation à la MN : <p>Essentiellement communiquer des surfaces techniques et des surfaces de gaines techniques des systèmes de chauffage-ventilation-climatisation (CVC) projetés pour le :</p> <ul style="list-style-type: none"> – choix du type de traitement de l'air ; – choix des différents types de production d'énergie ; – choix des systèmes de désenfumage.
PLOMBERIE – PROTECTION INCENDIE – CUISINISTE	Participation à la MN : <p>Essentiellement communiquer des surfaces techniques et des surfaces de gaines techniques des systèmes de plomberie projetés pour le :</p> <ul style="list-style-type: none"> – choix des technologies projetées ; – choix des différents types de production ; – choix des systèmes de protection incendie.

DISCIPLINE	NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND2 – APS – PERMIS DE CONSTRUIRE Ce niveau de développement (ND) permet d'avoir les informations nécessaires au dépôt du permis de construire (PC).
VISION GRAPHIQUE	 <p>LOD 200 / ND 2 Réseaux primaires & Systèmes</p>
GÉNÉRAL/PROJET	<p>Maquette d'études : (Opérateurs : architecte et ingénierie sur le mode collaboratif/Contributeurs éventuels : AMO techniques sur indications) Niveau de définition des principaux éléments constitutifs ayant pour but l'organisation des parties d'ouvrage par nature et par fonction.</p> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> – urbanisme : dépôt des demandes d'autorisation administratives (PC...) ; – programme : les surfaces et l'organisation fonctionnelle sont définitivement arrêtées ainsi que les zones types ; – construction : les éléments de construction, les caractéristiques des matériaux et les conditions de leur mise en œuvre sont arrêtées ; l'implantation, l'encombrement des équipements techniques et les passages de fluides sont définis ; – planification des principales étapes de la construction (GO – gros œuvre, hors d'eau, hors d'air...) ; – estimation par corps d'état ; – les scénarios énergétiques et environnementaux sont finalisés. <p>Sources :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la maquette numérique (MN) de niveau 1 ; – les données : modèles des géomètres, études complémentaires (sol, structures, réseaux...) ; – les observations du maître d'ouvrage.
ARCHITECTURE	<p><i>Ce ND permet d'avoir les informations nécessaires au dépôt du permis de construire.</i> <i>L'ensemble des informations est saisi sous forme d'objets simplifiés (dimensions, désignation, fonction, informations techniques nécessaires).</i> <i>Cette MN comporte un niveau de définition permettant d'obtenir les premières quantités des éléments génériques : murs, façades, cloisons, toitures.</i></p> <p>Évolution de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – des précisions apportées aux éléments et les principes de ND1 ; – une division des niveaux en différents types de destination (APS), pouvant aller jusqu'à l'échelle du local (APD) ; – une qualification des parois des volumes internes et une localisation des ouvertures ; – une qualification des parois des enveloppes externes et une localisation de leurs ouvertures ; – une intégration des principes et des informations techniques impactant les volumes intérieurs (pléniums, locaux techniques, trémies, gaines verticales et horizontales). <p>Sources : les MN Ingénieries tous corps d'état (TCE), MN Façade, MN Second œuvre et intégration des informations transmises par les disciplines techniques.</p>
FAÇADE	<p><i>Les différents types de façades sont définis, positionnés et prédimensionnés sous forme d'objets renseignés (désignation, nature, composition, propriétés physiques, performances).</i></p> <p>Participation à la MN : (Cf. ARCHITECTURE)</p> <ul style="list-style-type: none"> – objets constituant les enveloppes positionnés et synthésés⁽¹⁾ en coordination avec la MN Architecture ; – qualification des parois des enveloppes externes et localisation de leurs ouvertures. <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Second œuvre...</p>
SECOND ŒUVRE	<p><i>Les différents types de parois intérieures et leurs ouvertures sont définis, positionnés et prédimensionnés sous forme d'objets renseignés (désignation, nature, composition, géométrie, propriétés physiques, performances).</i></p> <p>Participation à la MN : (Cf. ARCHITECTURE)</p> <ul style="list-style-type: none"> – objets positionnés et synthésés⁽¹⁾ sur la MN Architecture ; – renseignements des objets définis. <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE</p>
(1) Synthésé : qui a fait l'objet d'une ou plusieurs étapes de coordination spatiale et technique entre différentes disciplines.	

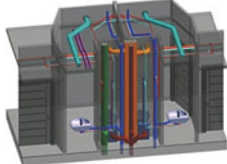
DISCIPLINE	NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND2 – APS – PERMIS DE CONSTRUIRE <i>(suite)</i>
VRD – AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS	<p><i>Les principaux réseaux sont prédimensionnés et saisis sous forme d'objets simplifiés (désignation, fonction, informations techniques nécessaires).</i></p> <p>Contenu de la MN :</p> <ul style="list-style-type: none"> – intégration du modèle numérique de terrain (MNT) ; – définition de la nature des surfaces et infrastructures (voiries et aménagements paysagers) environnant le projet et inscrites dans celui-ci ; – cheminement de l'ensemble des réseaux extérieurs en coordination avec les réseaux existants ; – implantation des points de connexion avec les concessionnaires (y compris équipements associés) en limite des propriétés/bâtiments ; – accessibilité aux personnes à mobilité réduite (PMR) et sécurité incendie y compris les moyens de défense. <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, système d'information géographique (SIG), topographie...</p>
GÉNIE CIVIL	<p><i>Les principaux éléments de structure sont prédimensionnés et saisis sous forme d'objets simplifiés (désignation, fonction, matériaux).</i></p> <p>Contenu de la MN : objets structuraux positionnés et incluant les informations techniques sommaires (forme et nature) associées.</p> <p>Sources : MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre...</p>
CFO	<p><i>Les principaux équipements et réseaux sont prédimensionnés et saisis sous forme d'objets simplifiés (désignation, fonction, informations techniques nécessaires).</i></p> <p>Contenu de la MN :</p> <ul style="list-style-type: none"> – maquettage des locaux techniques synthésés⁽¹⁾ (local technique d'étage, poste de livraison et de transformation...) ; – définition des trémies principales synthésées y compris les réservations principales associées ; – cheminements non synthésés des réseaux principaux – chemins de câbles uniquement ; – implantation sur une zone type des équipements terminaux principaux non synthésés (luminaire, prise de courant, interrupteur...). <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre...</p>
CFA	<p><i>Les principaux équipements et réseaux sont prédimensionnés et saisis sous forme d'objets simplifiés (désignation, fonction, informations techniques nécessaires).</i></p> <p>Contenu de la MN :</p> <ul style="list-style-type: none"> – maquettage des locaux techniques synthésés (local technique d'étage, salle informatique, local technique opérateur) ; – définition des trémies principales synthésées y compris les réservations principales associées ; – cheminements non synthésés des réseaux principaux – chemins de câbles uniquement ; – implantation des équipements terminaux principaux non synthésés sur une zone type (système de sécurité incendie, lecteur de badge, prises informatiques et individuelles, caméra...). <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre...</p>
CVC	<p><i>Les principaux équipements et réseaux sont prédimensionnés et saisis sous forme d'objets simplifiés (désignation, fonction, informations techniques nécessaires).</i></p> <p>Contenu de la MN :</p> <ul style="list-style-type: none"> – maquettage des locaux techniques synthésés (locaux techniques de production d'énergie, chauffage-ventilation-climatisation [CVC], désenfumage) ; – définition des trémies principales synthésées y compris les réservations principales associées ; – cheminements non synthésés des réseaux principaux – réseaux hydrauliques et aérauliques ; – implantation des équipements terminaux principaux non synthésés sur une zone type (clapet coupe-feu, bouches de soufflage et de reprise, prise et rejet d'air, unité terminale...). <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre...</p>
PLOMBERIE – PROTECTION INCENDIE – CUISINISTE	<p><i>Les principaux équipements et réseaux sont prédimensionnés et saisis sous forme d'objets simplifiés (désignation, fonction, informations techniques nécessaires).</i></p> <p>Contenu de la MN :</p> <ul style="list-style-type: none"> – maquettage des locaux techniques synthésés (local technique de distribution d'eau froide, production d'eau chaude, pompes Jockey, bâches à eau...) ; – définition des trémies principales synthésées y compris les réservations principales associées ; – cheminements non synthésés des réseaux principaux – réseaux hydrauliques et aérauliques ; – implantation des équipements terminaux principaux non synthésés sur une zone type (extinction incendie, sanitaires, équipement de cuisine...). <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre...</p>

(1) Synthésé : qui a fait l'objet d'une ou plusieurs étapes de coordination spatiale et technique entre différentes disciplines.

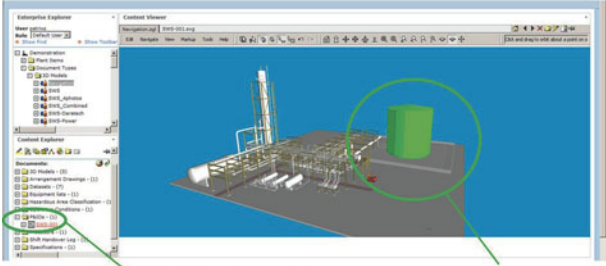
DISCIPLINE	<p align="center">NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND3 – APD – PRÉ-SYNTHÈSE – PRO/DCE</p> <p>Ce niveau de développement (ND) présente de manière exhaustive les composants de la maquette numérique (MN) : ils sont repérés et renseignés et permettent une description détaillée du (des) projet(s). Ce ND permet l'établissement de quantitatifs nécessaires à l'estimation financière.</p>
VISION GRAPHIQUE	
GÉNÉRAL/PROJET	<p>Maquette projet : (Opérateurs : architecte et ingénierie sur le mode collaboratif) Niveau de définition avancé permettant d'arrêter l'ensemble des prestations. Il vise à déterminer l'attribution par corps d'état des ouvrages qui composent le bâtiment à construire et à préparer les marchés de travaux.</p> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> – construction : tous les éléments structurels sont dimensionnés ; les ouvrages de second œuvre sont renseignés ; la synthèse des constituants techniques est effective et l'ensemble du matériel est renseigné ; – une planification détaillée par élément d'ouvrage ; – une estimation détaillée par ouvrage et par corps d'état accompagnée d'un quantitatif des principales unités d'œuvre ; – une mise à la disposition des entreprises d'une MN comprenant l'ensemble des informations relatives au bâtiment à construire et des contraintes de sa réalisation (processus, méthodologie, phasage). Elles peuvent se les approprier pour faire une offre technique et financière. <p>Sources :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la MN de niveau 2 ; – les données : avis administratifs (permis de construire [PC]), rapport initial de contrôle technique (RICT), rapports provisoires d'évaluation (certifications).
ARCHITECTURE	<p>Évolution de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ensemble des composants de la MN définis, positionnés et dimensionnés sous forme d'objets renseignés (désignation, nature, composition, géométrie, propriétés physiques et performances) ; – l'intégration des éléments techniques : pléniums, locaux techniques, trémies, gaines verticales et horizontales et de leurs incidences. <p>Sources : les MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre</p> <p>Intégration des informations transmises par les disciplines techniques et le second œuvre.</p>
FAÇADE	<p><i>Les différents types de façades sont définis, positionnés et dimensionnés sous forme d'objets renseignés (désignation, nature, composition, propriétés physiques, performances).</i></p> <p>Participation à la MN : (Cf. ARCHITECTURE)</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ensemble des objets constituant les enveloppes sont positionnés et synthésés⁽¹⁾ en coordination avec la MN Architecture ; – les parois des enveloppes externes sont décrites et leurs ouvertures localisées. <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre</p>
SECOND ŒUVRE	<p><i>Les différents ouvrages intérieurs et leurs ouvertures sont définis, positionnés et dimensionnés sous forme d'objets renseignés (désignation, nature, composition, géométrie, propriétés physiques, performances, calpinage). Notamment figurent les faux plafonds, faux planchers, cloisons, portes, revêtement et habillage, façade intérieure et aménagements.</i></p> <p>Participation à la MN : (Cf. ARCHITECTURE)</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ensemble des objets sont positionnés et synthésés sur la MN Architecture ; – les objets sont renseignés. <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre</p>
<p>(1) Synthésé : qui a fait l'objet d'une ou plusieurs étapes de coordination spatiale et technique entre différentes disciplines.</p>	

DISCIPLINE	NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND3 – APD – PRÉ-SYNTHÈSE – PRO/DCE <i>(suite)</i>
VRD – AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS	<p><i>Les principaux réseaux sont dimensionnés et saisis sous forme d'objets gabarits (désignation, fonction, informations techniques nécessaires).</i></p> <p>Niveau de définition permettant l'établissement de quantitatifs nécessaires à l'estimation financière.</p> <p>Mise à jour de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – des objets positionnés et dimensionnés dans l'environnement et incluant les informations techniques détaillées associées ; – l'incorporation des données du SIG (système d'information géographique) concernant les réseaux ; – la position des regards de visite sur le site du projet. <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, SIG, topographie...</p>
GÉNIE CIVIL	<p>Mise à jour de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – les objets de génie civil positionnés et dimensionnés dans l'environnement et incluant les informations techniques détaillées (forme, nature, type, spécification) associées ; – la discipline GÉNIE CIVIL réalise une modélisation complète sur la base de la maquette saisie. <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre</p>
CFO	<p><i>Les principaux équipements et réseaux sont dimensionnés et saisis sous forme d'objets détaillés et génériques (désignation, dimensions, fonction, spécification technique).</i></p> <p>Développement de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ajustement des locaux techniques (locaux techniques d'étage, poste de livraison et de transformation...) ; – l'ajustement des trémies y compris les réservations ; – les cheminements synthésés⁽¹⁾ de l'ensemble des réseaux ; – les chemins de câbles ; – l'implantation synthésée des équipements principaux et terminaux (prise de courant, bouton-poussoir...). <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre</p>
CFA	<p><i>Les principaux équipements et réseaux sont dimensionnés et saisis sous forme d'objets détaillés et génériques (désignation, dimensions, fonction, spécification technique).</i></p> <p>Développement de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ajustement des locaux techniques (locaux techniques d'étage, salles informatiques, local technique opérateur) ; – l'ajustement des trémies y compris les réservations ; – les cheminements synthésés de l'ensemble des réseaux ; – les chemins de câbles ; – l'implantation synthésée des équipements principaux et terminaux (système de sécurité incendie, lecteur de badge, caméra, prises informatiques et individuelles...). <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre</p>
CVC	<p><i>Les principaux équipements et réseaux sont dimensionnés et saisis sous forme d'objets détaillés et génériques (désignation, dimensions, fonction, spécification technique).</i></p> <p>Développement de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ajustement des locaux techniques (locaux techniques de production d'énergie, chauffage-ventilation-climatisation, désenfumage) ; – l'ajustement des trémies y compris les réservations ; – les cheminements synthésés de l'ensemble des réseaux (réseaux aérauliques et hydrauliques) ; – l'implantation synthésée des équipements principaux et terminaux (bouches, prise et rejet d'air, radiateur, unité terminale, thermostat...). <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre</p>
PLOMBERIE – PROTECTION INCENDIE – CUISINISTE	<p><i>Les principaux équipements et réseaux sont dimensionnés et saisis sous forme d'objets détaillés et génériques (désignation, dimensions, fonction, spécification technique).</i></p> <p>Développement de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ajustement des locaux techniques (locaux techniques de distribution d'eau froide, locaux techniques de production d'eau chaude, pompes Jockey, bâches à eau...) ; – l'ajustement des trémies y compris les réservations ; – les cheminements synthésés de l'ensemble des réseaux hydrauliques ; – la représentation des gravitaires de diamètre > DN40 ; – l'implantation synthésée des équipements principaux et terminaux (extinction incendie, sanitaires, équipement de cuisine, siphon de sol, alimentation...). <p>Sources : les MN Architecture, MN Ingénieries TCE, MN Façade, MN Second œuvre</p>

(1) Synthésé : qui a fait l'objet d'une ou plusieurs étapes de coordination spatiale et technique entre différentes disciplines.

<p>DISCIPLINE</p>	<p align="center">NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND4 – SYNTHÈSE – ÉTUDE D'EXÉCUTION – CONSTRUCTION</p> <p>Ce niveau de développement est celui de l'exécution des travaux par l'entreprise. La maquette numérique (MN) de ND4 intègre progressivement les caractéristiques des éléments retenus dans les marchés d'entreprises et mis au point durant les études d'exécution. Le titulaire des études d'exécution développe la maquette ND3 et produit ses documents d'exécution, d'usine, de fabrication, d'atelier ; il établit ses commandes, sa méthodologie d'exécution et intègre les informations dans la MN qui devient ND4. Cette maquette permet d'apprécier les impacts éventuels des modifications potentielles pendant la phase d'exécution.</p>
<p>VISION GRAPHIQUE</p>	
<p>GÉNÉRAL/PROJET</p>	<p>Maquette d'exécution : (Opérateurs : architecte pour les lots architecturaux et ingénierie pour les lots techniques/ Contributeurs : entreprises sur le mode collaboratif) Niveau de configuration de la MN à partir des données d'entreprises.</p> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'intégration des données d'exécution dans la MN en miroir de l'ouvrage construit ; – en phase d'exécution : l'établissement des modes opératoires en relation avec le coordinateur sécurité et protection de la santé (CSPS) ; – la planification détaillée des travaux avec engagement sur les échéances intermédiaires et finales (fondations, hors d'eau, hors d'air, réception) ; – le suivi économique des travaux ; – la consolidation des informations aptes à répondre aux exigences réglementaires et aux demandes de certification/labellisation (Qualibat, HQE...) ; – le développement des outils liés aux garanties de résultat énergétique. <p>Sources :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la MN de niveau 3 ; – à l'initiative des entreprises : fiches des matériels, dossiers d'exécution, schémas, notes de calculs, etc. ; – à l'initiative de la maîtrise d'œuvre : les modifications du projet.
<p>ARCHITECTURE</p>	<p>Évolution de la MN comprenant : l'ensemble des composants de la MN renseignés par les données des entreprises et des fournisseurs.</p> <p>Sources : informations des études d'entreprises</p>
<p>FAÇADE</p>	<p><i>Intégration des informations des fournisseurs aux objets de la MN.</i></p> <p>Évolution de la MN comprenant : l'ensemble des composants de la MN renseignés par les données des entreprises et des fournisseurs. (Cf. ARCHITECTURE)</p> <p>Sources : informations des études d'entreprises</p>
<p>SECOND ŒUVRE</p>	<p><i>Intégration des informations des fournisseurs aux objets de la MN.</i></p> <p>Évolution de la MN comprenant : l'ensemble des composants de la MN renseignés par les données des entreprises. (Cf. ARCHITECTURE)</p> <p>Sources : informations des études d'entreprises</p>
<p>VRD – AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS</p>	<p><i>Tous les équipements et réseaux sont sélectionnés, dimensionnés et saisis sous forme d'objets fournisseur (désignation, dimensions, fonction, fiche technique).</i></p> <p>Niveau de définition permettant l'établissement des contrôles des quantitatifs nécessaires aux règlements des situations.</p> <p>Mise à jour de la MN comprenant : l'ensemble des composants de la MN renseignés par les données des entreprises.</p> <p>Sources : entreprises, fabricants de matériaux...</p>

DISCIPLINE	NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND4 – SYNTHÈSE – ÉTUDE D'EXÉCUTION – CONSTRUCTION <i>(suite)</i>
GÉNIE CIVIL	<p><i>Tous les éléments nécessaires à l'exécution des ouvrages structurels et à leur mise en œuvre sur le chantier.</i></p> <p>Mise à jour de la MN comprenant : l'ensemble des composants de la MN renseignés par les données des entreprises.</p> <p>Sources : entreprises, fabricants de matériaux...</p>
CFO CFA CVC PLOMBERIE – PROTECTION INCENDIE – CUISINISTE	<p><i>Tous les équipements et réseaux sont sélectionnés, dimensionnés et saisis sous forme d'objets fournisseur (désignation, dimensions, fonction, fiche technique).</i></p> <p>Niveau de définition permettant l'établissement des contrôles des quantitatifs nécessaires aux règlements des situations.</p> <p>Mise à jour de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ajustement des locaux techniques, des trémies et des réseaux principaux ; – l'implantation des équipements principaux et terminaux tels que visés ; – l'ensemble des détails d'exécution qui sont développés dans la maquette ; – l'ensemble des plans de fabrication et d'installation qui sont issus de la maquette. <p>L'ensemble des dimensionnements sont réalisés sur la base d'informations saisies dans la maquette.</p> <p>Sources : entreprises, fabricants d'équipements et réseaux...</p>

<p>DISCIPLINE</p>	<p align="center">NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ND5 – DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS</p> <p>La maquette numérique (MN), double virtuel de la construction, contient toutes les informations des dossiers des ouvrages exécutés (DOE).</p> <p>Ce niveau de développement ND5 permet l'extraction et le développement de maquettes de ND6 qui seront supports de l'exploitation (en permettant une GMAO et des interventions ultérieures).</p>
<p>VISION GRAPHIQUE</p>	 <p align="center">PID : Schéma dans lequel l'objet sélectionné est représenté</p> <p align="right">Objet sélectionné</p>
<p>GÉNÉRAL/PROJET</p>	<p>Duplicata numérique : (Opérateur : maître d'ouvrage) Niveau de gestion de l'ouvrage construit.</p> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> – gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) ; – système intelligent de gestion d'énergie (SIGE) ; – coût du cycle de vie. <p>Sources :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la MN de niveau 4 ; – les DOE : documents d'exploitation et de maintenance, garanties et contacts fournisseurs.
<p>ARCHITECTURE FAÇADE SECOND ŒUVRE VRD – AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS GÉNIE CIVIL CFO CFA CVC PLOMBERIE – PROTECTION INCENDIE – CUISINISTE</p>	<p>Maquette de l'ouvrage tel que construit</p> <p>Finalisation de la MN comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'ajustement de l'ensemble des informations saisies dans la MN sur la base des informations collectées sur les ouvrages exécutés : <ul style="list-style-type: none"> – toutes les fiches techniques, les réceptions usines, les rapports d'essais, les manuels d'exploitation, les certifications et les agréments sont liés aux objets ; – toutes les notes de calcul sont liées aux différents systèmes ; – certains paramètres liés à l'exploitation sont ajoutés à la MN. <p>Sources : mainteneur et gestionnaire de patrimoine</p>

GLOSSAIRE

BIM : « BIM » est un acronyme anglo-saxon qui couvre trois significations :

- *Building information management* qui correspond à une organisation ;
- *Building information modelling* qui renvoie à un processus ;
- *Building information model* qui est un modèle de données.

En français, il n'existe pas d'acronyme équivalent.

C'est pourquoi l'ingénierie propose de conserver le sigle « BIM » pour lequel elle propose la définition suivante :

« Le BIM est avant tout une organisation qui développe des processus permettant de construire un modèle partagé et interopérable sur l'ensemble du cycle de vie du projet basé sur un ensemble d'objets auxquels sont associées des informations. »

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

Information : C'est une valeur paramétrique ou attributaire associée à un objet.

IFC : « IFC » est l'acronyme de *Industry foundation class*. Il s'agit d'un langage orienté objet utilisé par l'industrie du bâtiment pour échanger et partager des informations entre logiciels. Ce format de fichier est ouvert.

Ingénierie : Tout ouvrage, équipement, produit ou aménagement nécessite des études et une conception préalablement à sa réalisation.

Les sociétés d'ingénierie ont pris dans les économies modernes une importance considérable qui s'étend désormais également au conseil en technologies. Elles interviennent comme ensemble de tous les services nécessaires à la construction/fabrication et assument la responsabilité globale de ces opérations.

Leur métier : étudier, concevoir, faire réaliser et maintenir tout ou partie d'une infrastructure, d'un ouvrage ou d'un composant industriel sur l'ensemble de leurs cycles de vie respectifs.

Leurs missions consistent, par exemple, à concevoir une ville, des infrastructures de transport, des ensembles immobiliers, une tour, un hôpital, une usine, un pont ou un barrage (conception, calculs et plans détaillés), puis à en superviser la construction et la maintenance.

Il s'agit également de concevoir et d'intégrer des systèmes (par exemple un système de tri de bagages dans un aéroport). Les sociétés d'ingénierie veillent au respect des objectifs de leurs clients sur l'ensemble du cycle de vie des projets et des systèmes associés.

L'intervention de l'ingénierie passe par la signature d'un contrat qualifiant les prestations à réaliser dans le cadre d'un programme qui définit les performances à atteindre.

Ingénierie concourante : D'après la norme ISO 19101, il s'agit de la « *capacité d'un système ou d'une composante d'un système à permettre un partage des informations ainsi qu'un contrôle des processus coopératifs* ».

L'ingénierie concourante (IC) est une logique de conduite de projet qui implique la participation de différents acteurs de la construction en phase de conception et de décision. En partant plus en amont pour finir très vite, selon une logique de « bon du premier coup », elle cherche à réduire les délais des projets.

L'IC implique donc les phases de conception, de construction, d'exploitation-maintenance et de fin de vie dès l'amont du projet.

En génie civil, cela fait remonter l'intervention, en amont, des acteurs de l'aval.

Le management de projet doit donc gérer la participation de certains acteurs à des phases auxquelles ils n'avaient pas l'habitude de participer.

L'ingénierie concourante remplace peu à peu l'ingénierie séquentielle, réglée et linéaire, qui consiste à rechercher des solutions optimales par discipline et/ou par profession pour atteindre la solution globale avec une prise en compte partielle de leur complexité et de leurs interdépendances.

Interopérabilité : L'interopérabilité est la capacité que possède un produit ou un système, dont les interfaces sont intégralement connues, à fonctionner avec d'autres produits ou systèmes existants ou futurs et ce sans restriction d'accès ou de mise en œuvre.

L'interopérabilité est la possibilité pour différents systèmes de communiquer entre eux sans dépendre d'un acteur en particulier. Elle repose sur la présence d'un standard ouvert.

Objet : C'est l'unité de base de la maquette numérique.

Un objet est une représentation abstraite définie par un ensemble de propriétés paramétriques et attributaires. Un objet est inscrit dans un ou plusieurs modèles relationnels.

Processus : Un processus est un ensemble d'opérations, d'actions ou d'événements mis en œuvre pour atteindre un ou plusieurs objectifs.

Système : Un système est un objet de la maquette numérique qui identifie plusieurs objets et leurs relations au sein d'un modèle relationnel.

NOTES

À PROPOS DE SYNTEC-INGÉNIERIE

L'ingénierie, un secteur dynamique

Syntec-Ingénierie représente un secteur de 350 000 emplois et 40 milliards d'euros de chiffre d'affaires dont plus de 45 % à l'international.

En 2013, le secteur a recruté plus de 22 000 ingénieurs et techniciens. Syntec-Ingénierie, par ses membres, représente 70 % de ce secteur.

Les sociétés d'ingénierie qui exercent une activité d'assistance à maîtrise d'ouvrage, de conception technique et de management de projets sont des acteurs clés dans la mise en œuvre de ces projets.

Leur métier : étudier, concevoir, faire réaliser, contrôler, assurer le fonctionnement des bâtiments, des infrastructures, des installations industrielles en France et à l'international.

De par leurs missions, les ingénieristes interviennent dans des champs d'activité très diversifiés :

- les infrastructures ;
- la géotechnique ;
- l'industrie ;
- l'environnement et la biodiversité ;
- le bâtiment ;
- le conseil en technologies.

Syntec-Ingénierie, la fédération professionnelle de l'ingénierie

• Pour suivre notre actualité :

- La newsletter hebdomadaire de Syntec-Ingénierie.
- La revue trimestrielle : les Cahiers de l'Ingénierie de Projet.

• Pour participer à notre événement le meet.ING de l'Ingénierie :

rendez-vous le 23/10/2014 au CNIT à Paris.

Pour en savoir plus :
www.syntec-ingenierie.fr



SYNTEC-INGÉNIERIE

RETROUVEZ LES CAHIERS PRATIQUES DU MONITEUR ⁽¹⁾

Chaque semaine un nouveau cahier détaché accompagne désormais votre hebdomadaire, abordant des sujets généralement en lien avec les rubriques du Moniteur.

DÉJÀ PARUS :



BIM (Building information modeling)

Le Moniteur n° 5756 du 21/03/2014



Maquettes 3D et ville numérique

Le Moniteur n° 5759 du 11/04/2014



Marché public relatif à la mission d'ordonnancement, de pilotage et de coordination (OPC) – Bâtiments neufs

Le Moniteur n° 5747 du 17/01/2014



Ville numérique et maquettes 3D

Le Moniteur n° 5711 du 10/05/2013



Guide de la commande publique de maîtrise d'œuvre

Le Moniteur n° 5696 du 25/01/2013

(1) À retrouver pour les abonnés au Moniteur premium à l'adresse suivante...

www.lemoniteur.fr/lemoniteur_numerique

Commandez ce numéro du Moniteur au 01 40 13 50 65
abonnement@groupemoniteur.fr

