

**CONCOURS EXTERNE  
D'INGÉNIEUR TERRITORIAL**

**SESSION 2017**

**ÉPREUVE DE NOTE**

**ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :**

**Rédaction d'une note tenant compte du contexte technique, économique ou juridique lié à ce dossier. Celui-ci porte sur l'une des spécialités choisie par le candidat au moment de son inscription.**

Durée : 5 heures  
Coefficient : 5

**SPÉCIALITÉ : INGÉNIERIE, GESTION TECHNIQUE ET ARCHITECTURE**

**À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :**

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- ♦ Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- ♦ L'utilisation d'une calculatrice autonome et sans imprimante est autorisée.
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

**Ce sujet comprend 34 pages.**

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend le nombre de pages indiqué.**

*S'il est incomplet, en avertir le surveillant.*

Vous êtes ingénieur territorial, responsable du service programmation - méthodes - qualité - environnement au sein de la direction de l'immobilier de la ville d'INGEVILLE de 120 000 habitants.

La direction de l'immobilier comprend :

- le service de construction en charge des constructions et grosses restructurations ou réhabilitations des bâtiments municipaux ;
- le service de maintenance en charge de la maintenance et de l'entretien des bâtiments, en régie propre ou par des marchés à bons de commande d'entreprises ;
- le service de la gestion immobilière du parc immobilier ;
- et le service programmation - méthodes - qualité - environnement.

Votre fonction vous situe au cœur de l'ensemble des différents domaines d'intervention dans la vie d'un bâtiment : phase de programmation - rédaction des référentiels de construction propres à la ville / phases d'études de conception et de réalisation / maintenance et entretien des bâtiments / suivi de la certification de la direction / suivi du référentiel de développement durable et écoconstruction de la ville.

Dans un premier temps, le Directeur de l'immobilier vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à l'aide des documents joints, une note sur une autre approche de l'acte de construire des bâtiments pour demain.

**8 points**

Dans un deuxième temps, il vous demande d'établir un ensemble de propositions opérationnelles visant à adapter la stratégie, l'organisation et les méthodes de votre direction afin de prendre en compte ces nouvelles pratiques.

**12 points**

*Pour traiter cette seconde partie, vous mobiliserez également vos connaissances.*

#### Liste des documents :

- Document 1 :** « La guerre du BIM aura bien lieu » – Mathias LEBCEUF – Extrait du dossier « Transition numérique : une révolution qui fait BIM ! » – Magazine de l'Ingénierie territoriale N°14 – Avril 2016 – 2 pages
- Document 2 :** « La constructibilité : un nouveau concept... » – Christophe GOBIN, Président du conseil scientifique de l'École Spéciale des Travaux Publics (ESTP) – Cahier pratique LE MONITEUR des travaux publics et du bâtiment N°5737 (extrait) – 8 novembre 2013 – 5 pages
- Document 3 :** « Le coût global dans la construction » – Association Qualitel – qualite-logement.org – Octobre 2013 – 6 pages
- Document 4 :** « Fiche technique : la filière éco-construction » – Fanny MARTIN – wordpress.com – consulté le 30 août 2016 – 4 pages
- Document 5 :** « Vers une accessibilité généralisée : Accès à tout et pour tous » (extrait) – CCI de la Vendée – developpement-durable.gouv.fr – consulté le 30 août 2016 – 3 pages

- Document 6 :** « Construire sain : Guide à l'usage des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre pour la construction et la rénovation » (extraits) – *Ministère de l'Égalité des territoires et du logement et Ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'énergie* – *developpement-durable.gouv.fr* – mise à jour en avril 2013 – 7 pages
- Document 7 :** « Toulouse se lance dans le BIM » – *Christiane WANAVERBECQ* – *lemoniteur.fr* – 19 juillet 2016 – 2 pages
- Document 8 :** « Rétroconception : des architectes "refont le match" grâce au BIM » – *Christiane WANAVERBECQ* – *lemoniteur.fr* – 26 octobre 2016 – 2 pages

**Documents reproduits avec l'autorisation du CFC**

*Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.*

# La guerre du BIM aura bien lieu

Il en est des révolutions technologiques comme des crises économiques ou des catastrophes climatiques : souvent on ne les voit pas venir et pourtant elles sont inéluctables. Après l'imprimerie, la photographie ou la musique, le bâtiment et le génie civil sont en train de connaître un bouleversement profond qui changera définitivement la façon de construire : la numérisation des processus de construction.

**L**ongtemps, construire a signifié amalgamer ou agencer des matériaux naturels comme le bois ou la pierre. L'arrivée de la fonte à la fin du 19<sup>e</sup> siècle puis du béton au début du 20<sup>e</sup> siècle ont profondément modifié la nature des édifices en ouvrant de nouvelles possibilités : les structures poteau-dalle désormais possibles permettaient de s'affranchir des murs porteurs et de libérer la surface sur un seul

(les producteurs de béton), les processus de construction, même en s'industrialisant, restaient peu ou prou les mêmes.

Le secteur du bâtiment est aujourd'hui en voie de « BIMisation ». Le BIM, (*Building information modeling* ou modélisation des informations du bâtiment) désigne cet ensemble de processus numériques s'articulant autour de la maquette numérique d'un ouvrage. C'est à la fois un outil technologique extrêmement puissant et une sorte de « maison commune » où chaque acteur de la construction va pouvoir collaborer au projet de façon ouverte, de la phase de conception à celle de l'exploitation en passant par la phase de réalisation. Cette somme de données (*big data*) est synthétisée dans la maquette numérique, véritable carte d'identité ou « carte

vitale» du bâtiment ou de l'infrastructure.

La transition numérique induite par la généralisation de l'utilisation des processus BIM n'implique pas uniquement un changement du support. Ce n'est pas seulement le bon vieux plan papier 2D, auquel va se substituer une maquette digitale 3D, qui est voué à se raréfier sur les chantiers. C'est une toute nouvelle organisation du travail qui émerge. Véritable révolution technologique et culturelle, le BIM bouleverse les méthodes de travail : il réintègre du liant entre tous les acteurs de la construction et les pousse à communiquer entre eux, ce qui ne se fait pas toujours naturellement.

De fait, le BIM ouvre de nouvelles perspectives immenses, en fluidifiant les processus séquentiels pour instaurer une collaboration ouverte, continue et sans rupture. Là où dominaient autrefois des phases séquentielles assez cloisonnées (chaque corps de métier intervenant l'un après l'autre de manière assez étanche), le travail est désormais beaucoup plus transversal et collaboratif : maîtres d'ouvrage, architectes, ingénieurs et entreprises de construction se retrouvent autour de la même maquette numérique. Cela implique une nouvelle distribution des données de l'ouvrage avec une fluidité plus grande : les informations peuvent être partagées et diffusées en temps réel à tous les acteurs d'un même projet.

Les bénéfices attendus de cette transition numérique sont nombreux :

**Véritable révolution technologique et culturelle, le BIM bouleverse les méthodes de travail.**

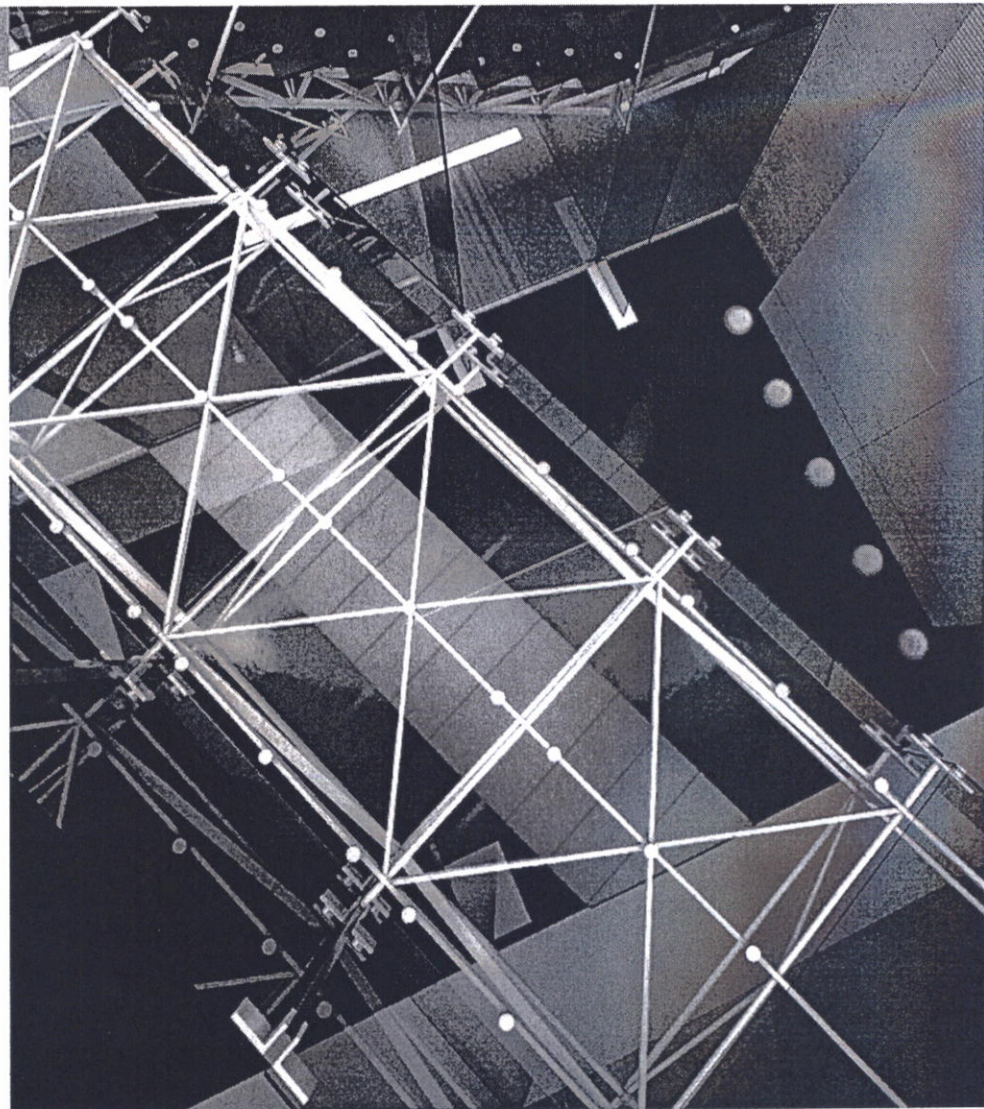
plan. L'*open space* était inventé. Pourtant, si de nouveaux opérateurs et corps de métiers apparaissent



une plus grande maîtrise de la conception, des coûts, de l'usage des matériaux ; un gain de temps à toutes les étapes grâce à une connaissance technique fine des informations de l'ouvrage et ce, au service de l'amélioration de la qualité de la construction et de la réduction de la sinistralité.

Les premiers retours d'expérience semblent d'ailleurs éloquents. Les Anglo-Saxons, qui sont très en avance, ont déjà des ratios sur les retours sur investissement de l'utilisation du BIM. Ils ont mesuré, il y a deux ans déjà, qu'ils avaient économisé 1,7 milliard de livres sur la construction d'édifices publics. Ils ont également constaté qu'il y a 10 ans 30 % des projets étaient livrés en temps en en heure. Aujourd'hui, c'est 60 % des projets qui sont livrés sans retard. On gagne donc sur le temps. Mais aussi sur le coût : sur un projet d'école élémentaire par exemple, ils sont capables de réduire de 40 % le coût global de la construction.

Et pourtant, il faut croire que plus une révolution est profonde et incontournable, plus elle suscite des réticences sinon du rejet. Malgré les promesses d'une meilleure gestion et la perspective de gains de productivité non négligeables, la transition numérique ne se fait pas sans mal, notamment en France. Elle ne va pas de soi et peine encore à convaincre, à commencer par les architectes. « Plus de deux tiers des architectes n'utilisent toujours pas la 3D » constate Bertrand Delcambre, président du plan de Transition numérique dans le bâtiment (PTNB) (voir interview p. 34). Et de fait, les freins à la transition numérique semblent encore nombreux. L'absence d'information, le coût d'investissement d'un module BIM (environ 10 000 à 15 000 euros par poste de travail), le temps nécessaire à maîtriser pleinement l'outil et la peur de s'y mettre : autant d'entraves au développement rapide et spontané de la modélisation des informations du bâtiment.



© LaCozza - Futolia.com

En France, l'atomisation très importante des acteurs du secteur de la construction (500 000 entités économiques dont 95 % comprennent moins de 10 salariés) est une difficulté supplémentaire tant sur le plan de l'information et de la pédagogie que sur la contrainte budgétaire nécessaire pour passer au BIM.

Globalisation oblige, les grandes majors françaises du BTP se sont converties à l'ère numérique depuis maintenant plusieurs années. Car dans de nombreux pays (Scandinavie, Pays-Bas), le BIM est devenu une obligation. Dès 2011, l'Angleterre a annoncé que l'usage de la maquette numérique et du BIM serait obligatoire au 1<sup>er</sup> janvier 2016. En Allemagne, d'ici à 2020 tous les projets devront être réalisés en BIM... La France, pays pourtant si prompt à réglementer, a choisi pour une fois de ne rien imposer mais plutôt d'inciter les professionnels à passer au numérique.

Sous l'égide du ministère du Logement, les pouvoirs publics ont initié en juin 2014 un plan de Transition numérique dans le bâtiment (PTNB) s'insérant dans une politique plus large de relance de la construction. Doté de 20 millions d'euros, le PTNB a pour vocation d'accélérer le déploiement des outils numériques à l'échelle de l'ensemble du secteur du bâtiment en multipliant notamment les actions de pédagogie et d'information auprès des professionnels et en facilitant l'accès aux outils BIM.

Ce plan non contraignant prévu pour une période de 3 ans, commencera-t-il à endiguer les réticences ? Suffira-t-il à convaincre les entreprises et à les aider à passer à la maquette numérique et au processus BIM ? Il faut l'espérer sans quoi, dans le bâtiment aussi, la fracture numérique sera ouverte et patente, laissant nombre de petits opérateurs à l'écart d'une ère nouvelle et de ses marchés prometteurs.

**Mathias Lebœuf**



## La constructibilité : un nouveau concept...

Constructible, construire, construction... constructibilité ou comment donner du sens à l'acte de bâtir. Laissons parler l'auteur :

« Dans le domaine de la construction, il n'est jamais facile d'introduire de nouveaux modes de réflexion et d'action. C'est pourtant l'exercice qui est tenté avec l'introduction du concept de constructibilité.

Deux constats ont conduit à cette démarche :

– La scission volontairement opérée depuis plusieurs décennies entre sciences de l'ingénieur et doctrine architecturale est préjudiciable aux deux professions. Il est urgent de trouver un champ d'échange commun où chacun s'enrichit des particularités de l'autre. Construction et architecture doivent communiquer et trouver un terrain de coopération positif pour toutes les parties prenantes.

– Le manque de dialogue a conduit au repli de l'industrie de la construction sur une forme « vernaculaire » qui interdit tout essai de l'industrialisation véritable. Il en résulte un double effet : la création d'un corps de compagnons devant affronter des conditions de travail difficiles et la production d'un cadre de vie à la fois coûteux et sans lien direct avec l'utilisateur final qui doit se contenter de ce qui lui est livré.

La constructibilité se veut une discipline au croisement de toutes les pratiques professionnelles et porteuse d'un renouveau collectif.

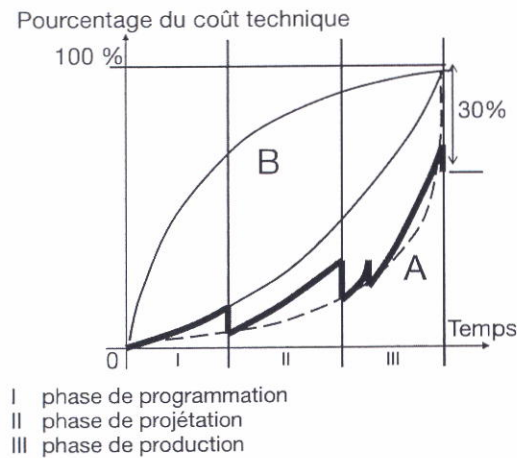
L'objet de ce Cahier pratique est de détailler ce nouveau concept et d'introduire ses différents composants en prenant appui sur deux relais : l'IRC (Institut de recherche en constructibilité) et le réseau Constructic. »

L'auteur de ce Cahier pratique est Christophe Gobin, président du Conseil scientifique de l'ESTP (École spéciale des travaux publics).

# 1. Constructibilité : le concept

Pour bien cerner les enjeux qui motivent une approche différente de la construction, il est possible de se référer à un diagramme situant l'emploi des ressources mobilisées par un projet immobilier.

Figure 1.1. Coûts cumulés.

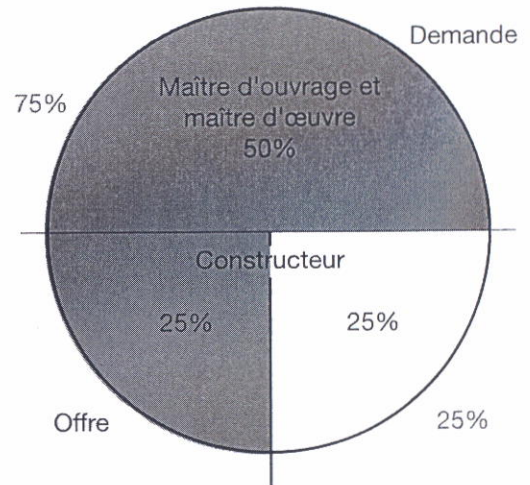


La figure 1.1 analyse les coûts techniques c'est-à-dire les moyens financiers mis en œuvre, à l'exception du foncier qui répond à une autre logique économique. Elle distingue deux courbes : celle des dépenses cumulées (A) et celle des engagements progressivement verrouillés (B).

Toutefois, l'intérêt de cette analyse réside dans l'approche d'une nouvelle grandeur qui est celle de la valeur acquise (en anglais « earned value ») c'est-à-dire la part des coûts qui correspond effectivement à une valeur acquise du projet. En effet, la reprise d'un travail, les temps d'attente pour décision, les surconsommations de matériaux... sont bien des dépenses couvertes par le client mais qui ne lui apportent aucune valeur ajoutée.

Dans ces conditions, quand 100 % des coûts techniques sont dépensés, la valeur réelle du résultat n'est que de 70 % aux dires de nombreux spécialistes. Les dysfonctionnements actuels résultent d'un manque de « confiance » entre les intervenants et apparaissent à chaque intervention d'un nouvel acteur qui, par sécurité, remet en cause le projet qui lui est transmis. Chaque acteur privilégie sa logique d'optimisation au détriment, en fin de compte, de celle du bâti et de son futur utilisateur.

Figure 1.2. Origine des coûts de non-qualité.



Est-il possible de déterminer la responsabilité de chacun ?

En fait, deux grandes familles d'acteurs peuvent être distinguées. Elles correspondent aux deux parties liées par un contrat de construction : l'offre et la demande. Encore faut-il s'expliquer sur la distinction. L'offre correspond à la fourniture d'un bâtiment et à son engagement financier c'est-à-dire à l'ensemble des réalisateurs (les entreprises de construction). La demande représente ceux qui définissent une attente et sa première formulation graphique c'est-à-dire les donneurs d'ordres (maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre) (Fig. 1.2). Chaque famille est la cause à poids égal des dysfonctionnements observés tout au long d'une opération. Mais il en est de même entre les commerciaux et les producteurs au sein des constructeurs.

Le principal enseignement de cet examen est que 75 % de ce que l'on peut appeler les coûts de non-qualité traitent d'un travail intellectuel. Seuls les 25 % restant sont réellement la conséquence d'une mauvaise exécution par manque de compétence propre.

En fait, les deux diagrammes constituent deux visions d'un même problème qui est celui de la surconsommation des ressources disponibles. Ce potentiel d'économies appelle de nouvelles réponses et la constructibilité prétend y contribuer.

## 2. Constructibilité : l'origine

Une expression traditionnelle de la profession a un peu perdu de son usage : c'est celle qui qualifiait un ouvrage d'une « bonne facture ». Il est intéressant de revenir sur cette formulation.

Une « bonne facture » signifiait d'abord que l'ouvrage permettait un bon fonctionnement, c'est-à-dire correspondait point par point aux attentes de celui qui l'avait commandé. Mais cela sous-entendait que le résultat acquis l'était dans le cadre du respect d'un budget préétabli. Cette double acceptation de la formule paraît correspondre parfaitement aux deux constats précédemment évoqués (Cf. 1).

Pour retrouver ce niveau de « qualité », il paraît indispensable, d'une part, de mieux produire et, d'autre part, de mieux utiliser des ressources mobilisables.

Dans un vocabulaire plus contemporain, la question posée est celle de **garantir la performance** d'un bâti.

La constructibilité, pour y répondre, s'attache à prévenir des biais qui viendraient dégrader cette performance. Pour amoindrir les risques de dégradation, elle porte l'accent sur l'anticipation des difficultés de production, et ce, dès le lancement d'une opération.

La constructibilité, dans cette quête qui recouvre l'ensemble des phases d'un projet (de la programmation à la réception), consiste à analyser l'objet à construire du point de vue technique de sa réalisation. L'objectif est d'éviter des choix qui seraient difficiles à tenir de par une incertitude sur le rendu et le bon achèvement du résultat.

La constructibilité porte ainsi sur le **produit** c'est-à-dire sur la capacité à offrir les performances requises dans le cahier des charges.

L'origine des coûts de non-qualité a montré que chaque intervenant de la chaîne de valeur porte une certaine responsabilité sur la dégradation du produit. La constructibilité s'attaque également à cet aspect du problème collectif.

La constructibilité se préoccupe aussi de l'organisation des acteurs, non pas dans les modalités de contractualisation mais dans l'articulation des tâches et la coordination entre les intervenants. Elle doit contribuer à créer une vision partagée des objectifs communs et à susciter les conditions d'une meilleure coopération entre les différents corps de métier.

Certains diront qu'il s'agit là de la mission assignée à une bonne gestion de la qualité. En fait, si le management de la qualité doit veiller à réduire les dysfonctionnements inhérents à toute décision, il ne détermine pas l'organisation qui relève d'un savoir technique propre.

La constructibilité a pour ambition de réfléchir aux modes de production dès leur origine et de préparer les choix, moins de façon préventive que de manière à assurer l'obtention d'un résultat facile à garantir de par sa simplicité et sa robustesse.

La constructibilité est ainsi un recentrage sur le métier et le retour aux fondamentaux de la construction, à savoir l'art de faire tenir un ouvrage avec le moins d'efforts possible et le meilleur emploi des compétences disponibles.

La constructibilité concerne donc aussi le **process**, c'est-à-dire les conditions de mobilisation des savoir-faire et de leur meilleure utilisation.



### 3. Constructibilité et usage

Pour se déployer, la constructibilité a besoin d'un cadre de référence. Celui-ci est donné par l'acte fondateur de toute construction qui est l'élaboration du « programme ».

Le terme « programme » est spécifique à la construction et recouvre le même sens que celui de cahier des charges utilisé dans l'industrie.

Il s'agit de spécifier les résultats attendus du fonctionnement de l'ouvrage, c'est-à-dire les performances en usage de l'objet livré à son commanditaire.

Certains utilisent plutôt le terme de « prescription ». Mais cet emploi est, soit un contresens, soit contreproductif.

Ce qui est recherché est bien un mode de fonctionnement et pas une somme de moyens prescrits. Des résultats seront donc effectivement mesurables alors que des moyens seront vérifiables mais ne garantiront pas un bon niveau de service.

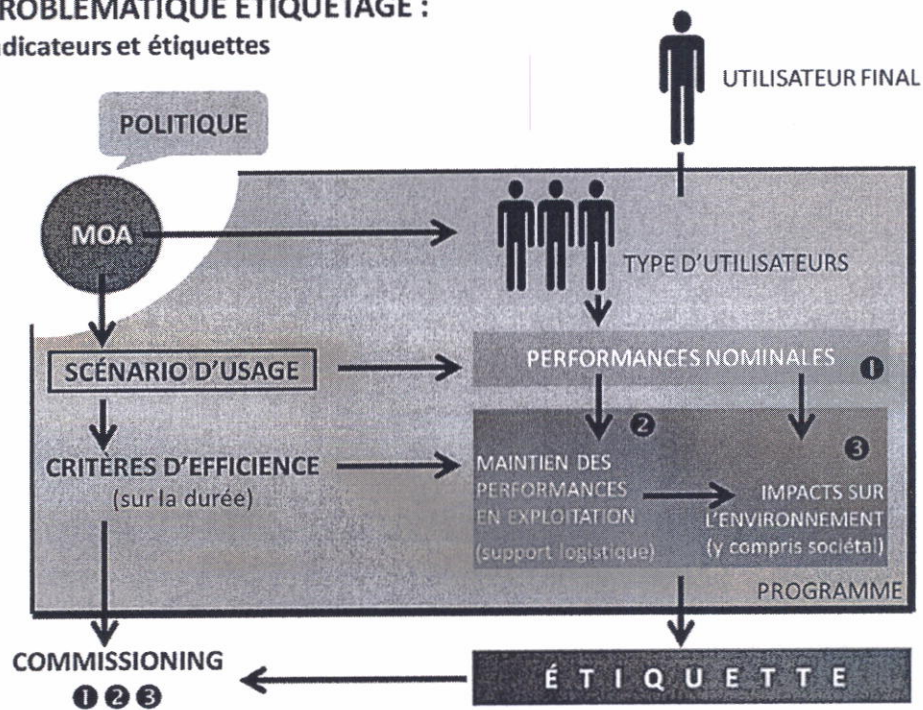
La figure 3.1 décrit les étapes de la programmation et illustre l'articulation des différents concepts cadrant la constructibilité du point de vue de la caractérisation du produit.

La constructibilité doit contribuer à l'obtention de trois familles de performances spécifiques à chaque ouvrage.

Figure 3.1. Étiquetage : cadre dans lequel s'inscrit la constructibilité (© IRC).

#### PROBLÉMATIQUE ÉTIQUETAGE :

Indicateurs et étiquettes



### Performances nominales

Les performances nominales traduisent de manière quantitative le niveau de chacun des critères contributifs à chacune des sept fonctions d'usage.

L'utilisateur final attend d'un bâtiment : (1) un espace, (2) un confort, (3) une protection, (4) la capacité à utiliser des biens et outils, (5) une maîtrise des relations, (6) une inscription dans le site, (7) une image perçue des lieux.

Cette spécification performancielle est une mesure des conditions nécessaires à chaque instant pour permettre de mener l'activité prévue dans le bâtiment.

### Performances d'exploitation

Toutefois les performances nominales, malgré les effets de vieillissement des solutions, doivent être maintenues à niveau constant durant tout le cycle de vie du projet. Pour cela, un certain nombre d'équipements et de tâches complémentaires seront indispensables.

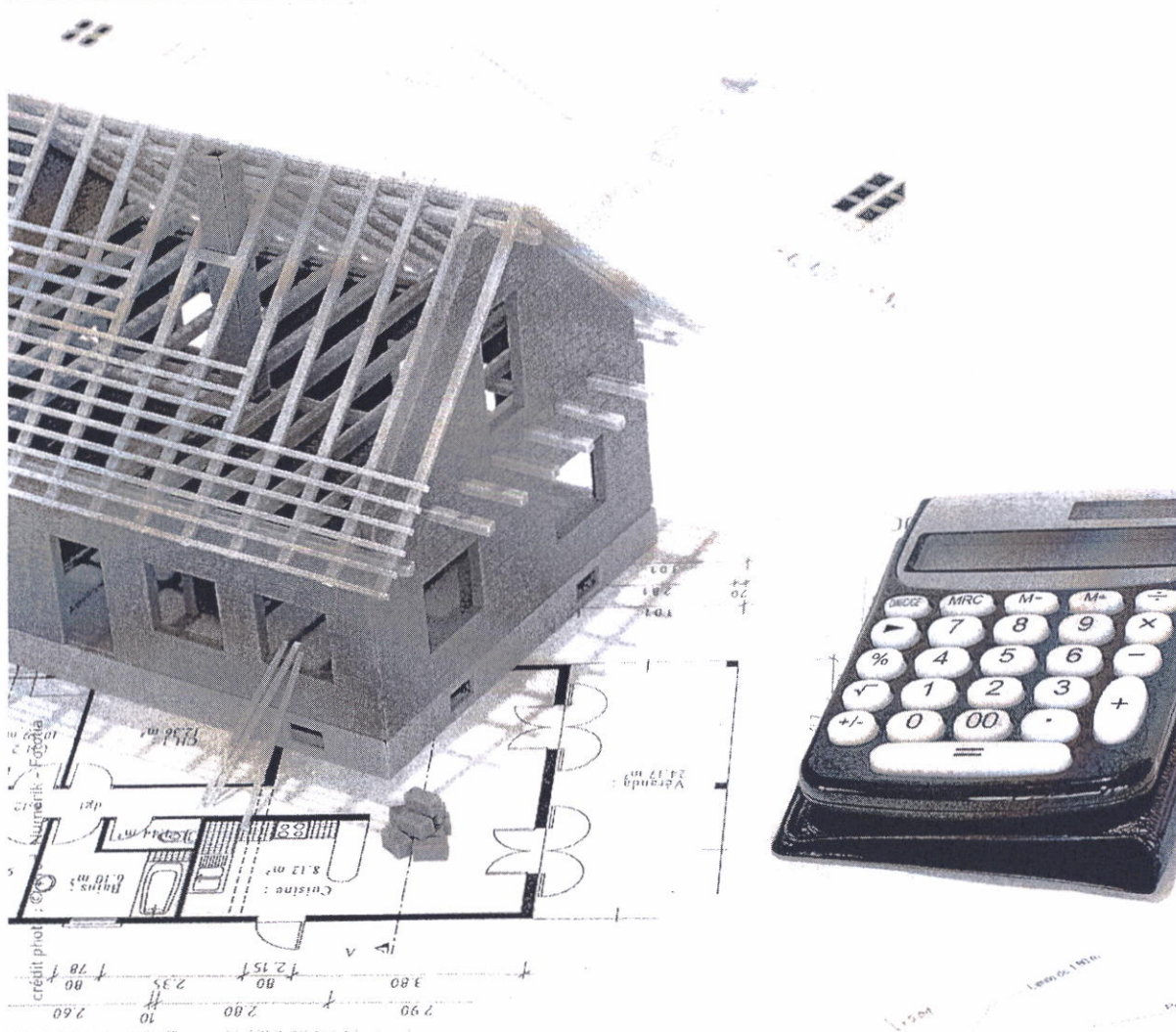
Ce fonctionnement mobilise des ressources dont le volume doit être maîtrisé. Ces nouvelles performances d'entretien et de maintenance sont désignées comme des performances d'exploitation.

### Performances sociétales

L'effet conjugué de l'obtention des performances nominales et de la maîtrise des performances d'exploitation n'est pas neutre au plan environnemental.

En effet, le résultat est consommateur de matière, d'énergie, de fluides... et se traduit par des rejets de différentes natures (déchets gazeux ou solides, pollutions diverses...). Tous ces impacts doivent être également cantonnés sous certains seuils qui sont autant de nouvelles performances à respecter pour une bonne facture du projet.

Cette caractérisation a un double intérêt : celui de fixer une feuille de route à tous les intervenants mais aussi de permettre une mesure effective des résultats obtenus. Cette dernière est, d'abord, quantitative mais elle n'exclut pas un volet qualitatif sur certains aspects en particulier la finition et la précision du rendu.



## LE COÛT GLOBAL DANS LA CONSTRUCTION

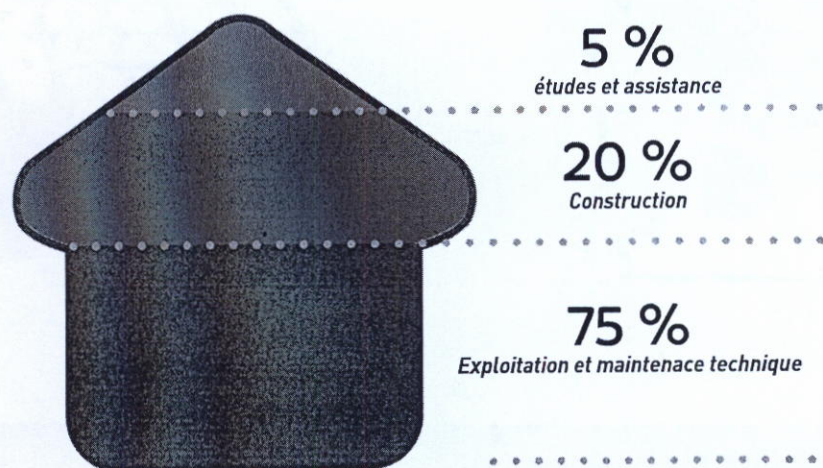
Pour un investissement à longue durée de vie comme un bâtiment, l'approche en coût global est la seule qui procure une vision économique convenable pour les parties prenantes du projet, qu'il s'agisse d'acteurs publics ou d'acteurs privés. Depuis 2012, CERQUAL propose aux Maîtres d'ouvrage, désirant mettre en place des réflexions autour du Coût Global, une option sous forme d'audit dans le cadre de la certification Habitat & Environnement.

## LES PRINCIPES DU RAISONNEMENT EN COÛT GLOBAL

### ENJEUX ET FONDEMENTS

Une construction au sens large est un bien dont la durée de vie est particulièrement longue. Ce constat est à l'origine de la notion de coût global dans la construction. A la fin de sa vie, un bâtiment, aura coûté beaucoup plus dans sa phase d'exploitation que lors de sa construction. De la même manière la charge environnementale de son usage sera souvent plus grande que celle de sa simple édification.

**En anticipant, dès sa conception, tous les coûts liés à l'utilisation d'un ouvrage, il est possible d'en diminuer significativement l'impact total qu'il soit financier ou environnemental.**



Répartition moyenne des coûts globaux dans un projet de construction

Au-delà de la simple quantification monétaire, l'évaluation du coût global est un outil d'aide à la décision. Il peut être un éclairage supplémentaire pour la rationalisation des risques ou encore l'évaluation de la qualité d'usage.

### UNE ÉTUDE MODULABLE ET ITÉRATIVE

La méthode de raisonnement en coût global peut parfois s'avérer complexe dans la pratique. L'étude des coûts différés d'un bâtiment ou d'un logement sur des temps longs (40 à 50 ans) fait appel à une somme de données diverses et implique la formulation d'hypothèses fortes (coût de l'énergie, évolution des cadres législatifs, durabilité des matériaux, comportement des usagers, etc...). La réussite de la démarche passe par :

- la définition de ses objectifs (sur l'investissement, l'exploitation),
- la **sélection** des domaines d'application du coût global pertinents en fonction de ses objectifs,
- le **classement** croissant de leurs impacts financiers.