

Organisation des chantiers de bâtiments

par **Jean-Pierre LEFEBVRE**

*Ingénieur ESTP, membre de la délégation technique de la FNTF
Gérant de JPL BTP Consultant*

1. Spécificité des chantiers de bâtiments.....	C 114v2 – 2
2. Préparation du chantier.....	— 2
2.1 Personnel	— 2
2.2 Études d'exécution – Synthèse	— 3
2.3 Méthodes d'exécution – Matériel – Matériaux	— 4
2.4 Plannings	— 5
2.5 Corps d'état	— 6
3. Lors de la réalisation.....	— 6
3.1 Sécurité – Qualité – Environnement	— 6
3.2 Suivi des rendements, des plannings et du budget	— 7
3.3 Logistique	— 8
3.4 Gestion des interfaces.....	— 8
3.5 Dépenses communes	— 9
3.6 Aléas et imprévus.....	— 9
4. Livraison et garanties	— 9
5. Conclusion.....	— 10
Pour en savoir plus.....	Doc. C 114

Un premier dossier [C 112v2] a traité de l'organisation des chantiers de Travaux Publics. Les chantiers de bâtiment, exécutés souvent par les mêmes entreprises (on parle d'entreprises du Bâtiment et des Travaux Publics, BTP) sont organisés de manière semblable sur plusieurs aspects et l'auteur invite donc les lecteurs à se référer à ce dossier initial.

Ici on insiste sur les spécificités de l'organisation des chantiers de bâtiments.

Plus particulièrement destiné à ceux qui souhaitent connaître les aspects importants de l'organisation d'un chantier de bâtiment, pour éviter les retards, les surcoûts et les défauts de tous ordres, ce dossier actuel ne décrit cependant pas l'organisation d'un projet complet de bâtiment (choix du terrain, choix du maître d'œuvre, conception, assurance...).

1. Spécificité des chantiers de bâtiments

■ On appelle « **bâtiment** » toute construction d'une certaine importance servant d'abri ou de logement. Relèvent donc du bâtiment :

- les maisons individuelles et immeubles, y compris de grande hauteur (IGH) ;
- les bureaux ;
- les bâtiments agricoles ;
- les bâtiments industriels ou de stockage ;
- les salles de sport ;
- les hôpitaux...

Ils sont le plus souvent en zone urbaine et raccordés aux réseaux locaux (électricité, téléphone, eaux potables, égouts...). Ils sont construits par des entreprises de tailles très variées. La Fédération française du bâtiment, la FFB, (qui compte pour les deux tiers du chiffre d'affaire de cette profession) a 57 000 adhérents, dont 42 000 entreprises artisanales (cf. [Doc. C 114]).

■ L'art de disposer les bâtiments à l'échelle de la ville s'appelle « **urbanisme** ». L'art de concevoir des bâtiments se nomme « **architecture** ».

On appelle « **organisation des chantiers de bâtiments** » la préparation de ces chantiers, mais aussi la structure, les ressources (le groupe d'individus) ayant pour but de construire ces bâtiments.

■ Les chantiers de bâtiments ont des **organisations très variées** suivant la nature de la construction. On distinguera les chantiers de bâtiments neufs (cf. figure 1) et les chantiers de rénovation et d'amélioration de ces bâtiments.

■ Les chantiers de bâtiments relèvent d'un **très grand nombre de métiers**. L'organisation de ce type de chantiers tient compte du fait qu'aucune entreprise française ne maîtrise l'intégralité de tous ces métiers, de tous ces « corps d'état », selon le jargon professionnel.



Figure 1 – Chantier de bâtiment neuf en ville. Pierre en façade

Ces corps d'état sont souvent regroupés en 4 groupes correspondant aux 4 phases principales des travaux :

- les **travaux préliminaires** : démolitions, terrassements généraux, fondations profondes, voiries et réseaux divers (VRD) ;
- le **clos couvert** : gros œuvre, maçonnerie, charpente et couverture, menuiseries extérieures, étanchéité ;
- les **corps d'état architecturaux** : structures métalliques, cloisons, menuiseries intérieures, faux plafonds, revêtements (peinture, carrelage...) ;
- les **corps d'état techniques** : plomberie, sanitaire, électricité courants faibles ou forts, chauffage – ventilation – climatisation (CVC), sécurité, ascenseurs...

• **Après la phase d'urbanisme et la phase architecturale**, les entreprises qui vont réaliser le chantier sont choisies parmi les entreprises du bâtiment : société artisanale pour une maison individuelle..., ou grande société pour un IGH.

Les travaux sont confiés, soit à une entreprise générale (qui sous-traite les métiers qu'elle ne peut faire avec son propre personnel et qui coordonne l'ensemble du chantier), soit à plusieurs entreprises qui réalisent chacune ce qui relève de leur propre métier et sont coordonnées par un maître d'œuvre, ainsi que, dans le cas de marchés publics, par le responsable de la mission OPC (Ordonnancement, pilotage et coordination) (loi du 12 Juillet 1985 sur la Maîtrise d'Ouvrage Publique, communément appelée loi MOP (cf. [Doc. C 114])).

• Les **contrats de construction** des bâtiments relèvent des articles 1779 et suivants du Code civil. Ils prévoient habituellement une base de règlement forfaitaire, c'est-à-dire une rémunération fixe et non liée aux quantités réellement exécutées.

Décrire exhaustivement toutes les organisations possibles d'un chantier de bâtiment ne relève pas de ce court dossier (on se référera pour plus d'informations à la bibliographie jointe en [Doc. C 114]). Mais, cependant, tous les chantiers de bâtiments ont un certain nombre de traits communs qui seront mis en exergue. Pour les illustrer, l'exemple le plus souvent cité dans la suite du texte est celui de l'organisation d'un chantier d'un hôpital, de taille moyenne (20 000 m²) et de complexité élevée dans le cadre d'un projet en conception-construction, réalisé par une entreprise générale (cf. figure 2).

2. Préparation du chantier

2.1 Personnel

À l'obtention d'un nouveau chantier, l'entreprise de bâtiment désigne un responsable du chantier qui aura en charge la construction de ce bâtiment. Cela peut être (selon la taille du chantier) :

- le chef d'entreprise en cas d'entreprise artisanale ;
- un chef de chantier ;
- un conducteur de travaux ;
- voire, un directeur de chantier.

■ **Pour les très grands chantiers** de bâtiments, une équipe importante dédiée à l'encadrement vient s'installer sur place.

■ **Pour les petits chantiers**, il n'y a pas d'encadrement permanent sur place.

La plupart des chantiers sont organisés selon une organisation intermédiaire entre ces deux solutions.

Pour le chantier d'un hôpital, par **exemple**, plusieurs dizaines de personnes de l'encadrement vont devoir s'installer pour 2 ans, sur place, dans des locaux provisoires.

Mais le chantier d'un petit immeuble d'habitation (R + 4) ne verra, comme seul encadrement permanent, que le chef de chantier de

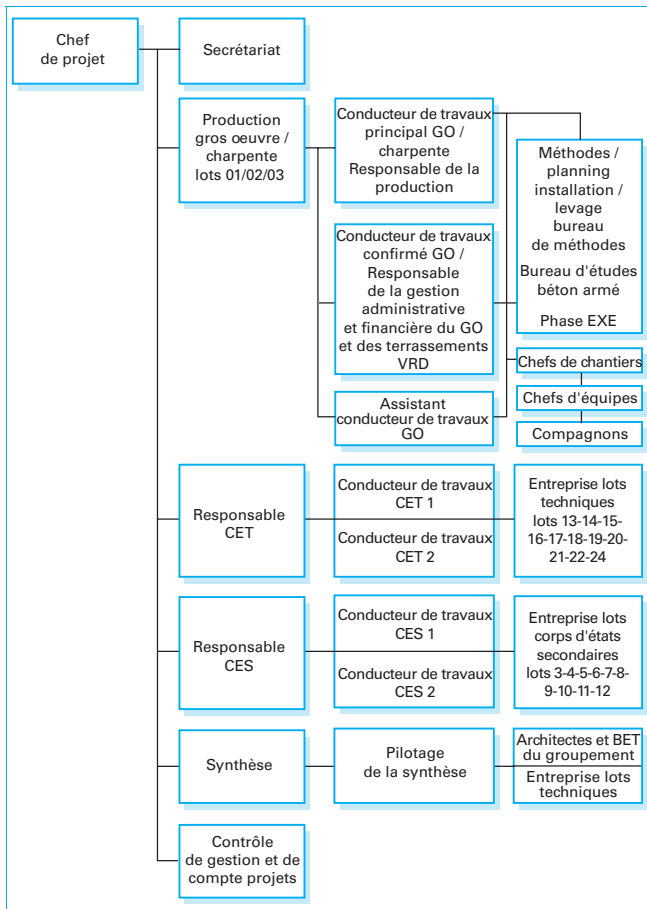


Figure 2 – Exemple d'organigramme d'un chantier d'hôpital de 20 000 m²

gros œuvre, tous les autres responsables (maître d'œuvre, OPC, coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé (CSPS), encadrement des corps d'état secondaires...) ayant plusieurs chantiers en cours en même temps. Il est donc demandé une plus grande autonomie à un chef de chantier sur cet immeuble R + 4 qu'à un chef de chantier œuvrant sur un chantier de grand hôpital (cf. figure 2).

■ Le **personnel d'exécution** (les ouvriers) des chantiers de bâtiments se caractérisent (contrairement à l'Industrie ou au Commerce) par le fait qu'ils sont en déplacement (ils viennent sur le chantier) et par une forte proportion de personnel à contrat à durée déterminée. Tous les chantiers de bâtiments comportent une phase d'acclimatation du personnel à son nouvel environnement de travail.

On notera aussi que, jusqu'à la fin du clos-couvert, les travaux se déroulent à l'air libre et sont donc soumis aux intempéries, la faisabilité de certains travaux supposant des conditions climatiques adéquates (les travaux d'étanchéité par exemple).

■ De la **main-d'œuvre illégale** est parfois rencontrée sur des chantiers de bâtiments. Les donneurs d'ordre devront vérifier que les entreprises intervenantes sont en règle (immatriculation, déclarations fiscales et sociales) en début de chantier, puis tous les 6 mois (article L. 8222-1 du nouveau code du travail).

■ De la **qualité des ouvriers** dépend la qualité des travaux et ce, d'autant plus que le chantier est petit, sans encadrement permanent sur place. Une ancienneté moyenne d'au moins une dizaine d'année dans l'entreprise est un gage de correcte exécution des travaux.

2.2 Études d'exécution – Synthèse

■ Lors de la **phase de préparation**, le maître d'œuvre, les bureaux d'études techniques (BET), ou des entreprises, établissent, à partir des plans architecturaux, les plans d'exécution, et ce, pour chaque corps d'état.

Ainsi, par **exemple**, en fonction des règles parasismiques applicables dans la région où le bâtiment est construit, les aciers du béton armé sont calculés, puis dessinés.

De même, le titulaire du lot CVC (Chauffage, ventilation, climatisation) définit les dimensions de ses gaines de ventilation en fonction des débits d'air prévus pour chaque pièce.

Il faut harmoniser ensuite tous ces plans.

Par exemple, la hauteur libre au-dessus des faux plafonds doit permettre le passage des gaines de ventilation, des chemins de câbles, des réseaux d'eau chaude et froide... (Cf. figure 3).

■ Vu le très grand nombre de corps d'état différents, ce travail est complexe et peut être **source de litiges**, car les intérêts sont fréquemment divergents. Pourquoi une société de plomberie accepterait-elle une modification (même peu onéreuse) de ses plans, alors que son contrat prévoit un paiement forfaitaire, fixe, et que son surcoût ne lui sera pas payé ?

■ Ce **travail d'harmonisation**, de synthèse (jargon professionnel) est réalisé par un groupe de techniciens, détachés de chaque entreprise, qui se réunissent pour résoudre les conflits spatiaux et supprimer les incohérences.

On parle de « **cellule de synthèse** ».



Figure 3 – Chantier hospitalier en Angleterre (Crédit INEO)

En fonction de la manière dont ont été passés les contrats, la direction de la cellule de synthèse est exercée par l'entreprise générale, ou par le maître d'œuvre. Le directeur de cellule doit être expérimenté, capable de critiquer de manière positive les plans les plus techniques produits par les corps d'état.

Les missions de mise en forme des travaux de cette cellule (les plans de synthèse) peuvent être confiées à un bureau d'étude, mais, au vu des conséquences économiques des travaux de cette cellule, la direction de cette cellule ne devra pas être sous-traitée.

■ Pour le chantier d'un **petit immeuble**, cette synthèse se fait de manière simple, grâce aux habitudes des différents métiers. Pour un chantier de **bâtiment complexe**, type musée, hôpital ou IGH, une équipe spéciale doit y travailler (ex : 5 ingénieurs ou techniciens pendant 3 mois pour un chantier d'hôpital). Ce travail sera cependant limité si une présynthèse a pu être effectuée entre les bureaux d'étude techniques et les architectes, préalablement à la production des plans d'exécution par les entreprises.

■ Ce travail est devenu plus aisé grâce aux **programmes de dessin en 3 dimensions**, type Autocad 3D et BIM (*Building Information Modelling* ou Modélisation des données du bâtiment).

2.3 Méthodes d'exécution – Matériel – Matériaux

■ Les **méthodes d'exécution des travaux préliminaires et du clos couvert** des grands bâtiments sont très élaborées et nécessitent une préparation équivalente à celle des chantiers de TP (cf. dossier [C 112v2]).

On citera à titre d'**exemples** :

En **fondations** : les méthodes de renforcement des fondations d'un immeuble par micro-pieux et ceinturage.

En **terrassement** : les excavations réalisées à l'abri d'une paroi moulée préalablement exécutée.

En **gros-œuvre** : les méthodes « *top down* » ou l'on réalise en montant, les étages en élévation (*top*) tout en réalisant en même temps, en descendant, les différents étages du parking souterrain (*down*) sous le bâtiment.

Pour les chantiers plus classiques, les méthodes d'exécution (coffrage, étalement) des zones non courantes (architecture inhabituelle, angles de bâtiments...) devront être organisées avec attention (cf. figure 4).

On refusera les plans sur lesquels le projeteur se contente d'indiquer par endroits « à voir sur chantier » c'est-à-dire laissant au chef de chantier le soin de trouver la solution technique...



Figure 4 – Gros œuvre niveau 1 : étalement et coffrage d'une zone non courante. CH Ste Anne [(Patrice Lasue) Crédit Dutilleul]

■ Par contre, les **méthodes d'exécution** des travaux sur le chantier **des corps d'état techniques** restent assez simples car ces travaux sont peu mécanisés : les câbles électriques, les canalisations, les détecteurs de fumée..., sont posés à la main.

■ Pendant la période de préparation sont à **mettre au point 4 documents principaux**.

- **Plan des installations de chantier** : (bureaux, vestiaires, cantine, réseaux provisoires d'eaux, d'air comprimé et d'électricité, centrale à béton, zones de stockage...). Contrairement aux chantiers de TP, les installations d'un chantier de bâtiment s'inscrivent toujours dans un périmètre restreint. La place manque en zone urbanisée. L'amélioration de ces installations de chantier doit être recherchée (climatisation par exemple).

- **Plan d'installation des grues** : en chaque endroit du chantier, on doit pouvoir manipuler les charges (habituellement de 3 à 6 tonnes). En phase de gros œuvre, une grue est nécessaire pour 15 ouvriers.

On notera que la rapidité d'avancement d'un chantier est conditionnée principalement par les moyens de manutention : plus il y a de grues sur un chantier de bâtiment, plus ce chantier peut avancer vite.

Certains problèmes d'interférence entre les câbles, les flèches et les contreflèches des grues sont résolus par les matériels et logiciels anti-interférences, type SMIE ou équivalent (cf. [Doc. C 112v2]).

L'usage de grues à flèche relevable (qui diminuent ainsi les interférences) devraient se développer grâce à l'amélioration des logiciels de pilotage qui les rendent plus faciles à conduire (cf. figure 5).

Chaque grue doit, après montage et après toute modification, être vérifiée et essayée par un organisme agréé. On n'oubliera pas de prévoir les modalités du démontage de ces grues, opération qui peut être compliquée par la diminution de la place disponible, du fait de l'encombrement du bâtiment construit.



Figure 5 – 2 Grues à tour à flèche basculante

- **Plans de rotation des banches** de coffrage, (les parois qui servent à maintenir en forme le béton lorsqu'il est en phase liquide) (cf. figure 6) afin d'augmenter la productivité des équipes par une utilisation quotidienne, sans temps mort, pour un coulage de béton journalier le plus important possible.

- **Plans de phasage** : les phasages d'un petit immeuble R + 4 ne présentent pas de difficultés particulières. Pour les chantiers comportant plusieurs bâtiments, le phasage tiendra compte de l'ordre de livraison et cherchera à équilibrer le travail de chaque grue.

Pour les chantiers de réhabilitation, on peut être conduit à travailler du bas vers le haut (les coffrages de plancher étant ainsi suspendus aux étages supérieurs, et non étayés sur l'étage inférieur).

Une réflexion approfondie devra être apportée à la préfabrication dans la phase de gros œuvre. En effet, préfabriquer entraîne des gains de délais, de qualité... (cf. dossier [C 112v2]), mais la préfabrication est consommatrice « d'heures de grues ».

D'une manière générale, en gros œuvre, le béton des parties verticales du bâtiment (murs ou voiles (en jargon professionnel), poteaux) est coulé en place, les planchers (horizontaux) sont préfabriqués, au moins partiellement (poutres, hourdis, prédalles). On limite ainsi les phases de décoffrage en sous-face des planchers où les grues n'ont plus accès. Mais il y a lieu parfois de couler en place les planchers à l'aide de pompe à béton pour réserver les grues à d'autres tâches.

Pour les corps d'état, la préfabrication est limitée par le cloisonnement du bâtiment et les moyens de levage limités qui peuvent être utilisés à l'intérieur du bâtiment. On veillera à approvisionner les éléments lourds tant que les grues du gros-œuvre le peuvent.

■ En ce qui concerne le **matériel**, hors la phase des travaux préliminaires, le matériel utilisé sur un chantier de bâtiment est essentiellement du matériel de manutention : grues, pompe à béton, ascenseurs, élévateurs...

- En dehors des échafaudages de façade (façade neuve ou ravalement) on remarquera la **tendance à la diminution des échafaudages** de pied et leur remplacement par des nacelles élévatrices. Sur un chantier d'un bâtiment logistique de 10 000 m² plus de 10 nacelles peuvent être employées en même temps. Les nacelles à mats verticaux, les plateformes ciseaux diesels ou électriques, les nacelles articulées,..., ont modifié fortement l'organisation des chantiers de bâtiment (consulter les solutions de la société Haulotte [Doc. C 114]).

■ Le béton, l'acier et le verre sont les 3 plus importants **matériaux** utilisés dans le bâtiment. Le type de matériaux employés influe peu sur l'organisation des chantiers de bâtiment en dehors du fait que seul le béton peut être fabriqué sur chantier, les deux autres étant fabriqués en usine et montés, ou posés, sur chantier. La pierre est toujours restée appréciée en logement, le bois le redevenant dans le cadre du développement durable.



Figure 6 – Banche Outinord B8000 avec compas de stabilité à levage central (Crédit Outinord)

Avant d'utiliser des matériaux nouveaux sur un chantier de bâtiment, un agrément technique doit être obtenu (type Agrément technique européen, marquage CE ou NF...) (voir EOTA [Doc. C 114]).

À défaut, le risque de désordre sera important et les assurances obligatoires ne pourront être mises en place.

2.4 Plannings

On se référera la aussi au dossier [C 112v2]. On distingue habituellement au moins **quatre phases principales** dans les chantiers de bâtiment.

■ **Phase terrassement et fondations.** C'est la plus perturbante pour l'environnement (risque de pollution de la nappe phréatique et la plus susceptible d'aléas (cf. § 2.6)). Le planning doit en tenir compte (cf. figure 7).

■ **Phase gros-œuvre, puis clos couvert.** On notera que, plus l'immeuble est grand ou haut, plus la productivité est bonne.

Exemple : pour un IGH (Immeuble de grande hauteur), une cadence d'un niveau en 4 jours est souvent atteinte dès le deuxième ou troisième niveau.

■ **Phase des travaux des corps d'état.** Ils sont décalés des travaux de gros-œuvre d'une ou deux semaines. C'est la phase où le risque de suractivité est le plus grand, c'est-à-dire où le trop grand nombre d'intervenants dans le bâtiment en chantier diminue la sécurité et la productivité.

■ **Phase des opérations préalables à la réception (OPR).** Ces opérations sont organisées par étage (ou par zone pour les hangars par exemple). Cette phase est suivie de la levée des réserves.



Figure 7 – Réalisation de fondations profondes en hiver

Exemple.

Pour donner des ordres de grandeur de durées de ces phases, sur un chantier d'un hôpital de 20 000 m², on trouve les chiffres suivants :

- phase terrassement/fondations : 5 mois ;
- phase gros-œuvre : 7 mois ;
- phase corps d'état : 15 mois (plus du double de la phase gros-œuvre !) ;
- phase OPR/levée de réserves : 2 mois.

Ces phases se chevauchant, la durée totale du chantier, entre l'ordre de service de démarrer les travaux et la livraison, a été de 26 mois.

Les plannings seront détaillés jusqu'à préciser l'intervention de chaque corps d'état dans chaque pièce de chaque étage (ou zone). On évitera l'intervention simultanée de 2 corps d'état le même jour dans la même pièce.

2.5 Corps d'état

Un corps d'état est généralement retenu dès lors que son devis est le moins disant. On veillera à vérifier les moyens de ce corps d'état :

- a-t-il le personnel pour faire le chantier ?
- son carnet de commandes n'est-il pas trop plein ?
- pourra-t-il tenir ses engagements ?

Si un seul corps d'état ne peut tenir ses délais, l'ensemble du chantier sera désorganisé par ses retards. On verra alors des sous-traitances en cascade (l'entreprise en retard sous-traite à une autre qui elle-même re-soustrait et, ainsi de suite... (les prix étant mino- rés à chaque étape de quelques pourcents).

L'organisation veillera à ce que tous les corps d'état soient choi- sis dès le début de la période de préparation et, non lorsque le chantier est commencé.

Il y a lieu, lors de la période de préparation, que les organisations de tous les corps d'état soient rendues compatibles. Cela passe, on l'a vu, par la synthèse. Mais cela passe aussi par l'harmonisation des plannings et des moyens nécessaires aux travaux (zones de stockage, moyens de levage, électricité...). Lors de la rédaction des différents contrats, le directeur de l'entreprise principale, ou le maître d'œuvre, procédera à cette harmonisation.

L'idée directrice est que les différents intervenants (les ouvriers sur le chantier) ne se gênent pas. Aussi, l'organisation doit-elle pré- voir des interventions décalées dans le temps et dans l'espace, pièce par pièce et éviter les retours en arrière d'une équipe. Par exemple, le plaquiste (plâtrier) doit finir complètement une pièce avant de la quitter pour laisser la place au plombier. Certains corps d'état empêchent toute circulation (cf. figure 8). L'organisation



Figure 8 – Corps d'état dans un chantier de revêtement de sol
(Crédit Sept résine)

idéale serait que tous les corps d'état se suivent dans la même pièce, les uns après les autres, et, qu'une fois partis ils n'aient plus à revenir.

3. Lors de la réalisation

3.1 Sécurité – Qualité – Environnement

La plupart des entreprises françaises sont certifiées ISO 9000 (système de management de la qualité) et, dans une moindre mesure, BS 8800 (système de management de la sécurité et de la santé au travail) et ISO 14000 (management environnemental).

Lors de la réalisation d'un chantier de bâtiments, elles respectent ces normes après avoir (pour les chantiers de bâtiments impor- tants) éventuellement précisé leur organisation *via* un PAQ, un PPSPS et un SME spécifiques (cf. dossier [C 112v2]).

■ Sur les chantiers de bâtiments, les **accidents** sont malheureuse- ment fréquents. Chaque corps d'état a pour mission de réduire les accidents dus à son propre métier. Le législateur a imposé la pré- sence d'un Coordonnateur de sécurité et de la protection de la santé (CSPS) désigné dès l'avant projet sommaire par le maître d'ouvrage (cf. notamment la loi 93-1418 du 31 décembre 1993 et le décret n° 2006-761 du 30 juin 2006). Ce CSPS, personne physique ou morale, a pour mission, tout au long du chantier, de prévenir les risques résultant des interventions simultanées ou successives des différentes entreprises ou équipes.

Mais, les responsabilités des différents intervenants n'ont pas été changées, à savoir que le chef d'entreprise est responsable de la sécurité de ses employés. Il a une obligation de résultat, contrairement aux autres intervenants qui n'ont de responsabilité qu'en cas de faute.

■ Un chantier bien organisé peut **réduire fortement les risques d'accident** sur, au moins, 2 points :

- ceux dus aux **travaux en superposition** (chutes d'objet) ;
- ceux dus aux **trémies** (ouvertures) (risque de chutes de personnes).

• Si les **travaux en superposition** ne peuvent pas totalement être évités pour les ouvriers de la même entreprise, ils peuvent, et doi- vent l'être, pour des ouvriers de différents corps d'état.

Exemple.

Dans un centre logistique, on attendra la fin de la pose des bacs de couverture (toiture) avant de démarrer les aménagements intérieurs. De ce fait si une clef à molette échappe à la main d'un poseur de cette toiture et vient à tomber, elle ne blessera personne.

• Pour les **trémies**, on veillera à ce que la responsabilité du main- tien permanent de la protection soit claire.

Par **exemple**, les trémies nécessaires aux ascenseurs seront maintenues fermées par l'entreprise de gros œuvre jusqu'à l'arrivée de l'ascensoriste. Puis, une procédure de maintien de cette ferme- ture sera établie et respectée pendant les travaux de l'ascensoriste et ce, jusqu'à la mise en place des portes palières définitives.

La gestion des ouvertures des façades sera identique (cf. figure 9).

Une attention particulière sera portée à la sécurité des grues :

- contrat avec Météo France pour une information spécifique journalière ;
- procédure d'alerte et de mise en girouette...

Les tempêtes de 1999 avaient vu la chute de plusieurs grues, celle de 2009 aucune.

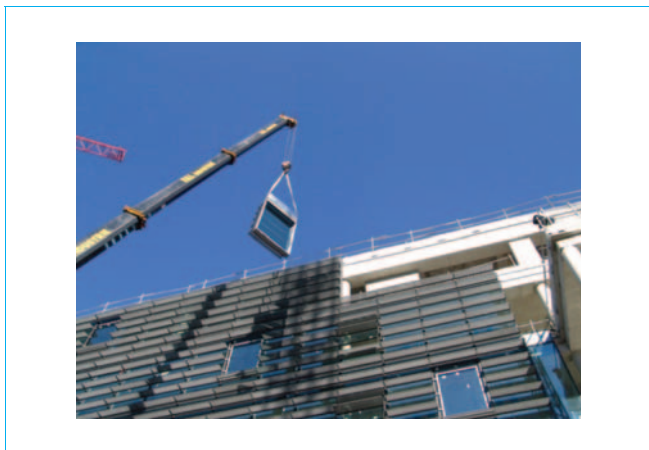


Figure 9 – Mise en place d'un bloc panneau de façade (Crédit Goyer)

■ **Du point de vue de la qualité**, l'auteur attire l'attention du lecteur sur deux points particuliers.

- **Problèmes d'harmonisation des différentes normes** (françaises, européennes, internationales) des divers intervenants. Ces problèmes ne peuvent pas tous être réglés lors de l'établissement des contrats.

Exemple.

Un fournisseur de fenêtres allemand respecte les normes DIN de tolérance, qui ne sont pas les mêmes que celles de la norme AFNOR du maçon. On peut donc se trouver en face de difficultés de mise en place des châssis de fenêtres, alors que le maçon a travaillé correctement.

L'organisation doit donc prévoir qu'une des premières pièces du bâtiment serve de référence, permettant aux intervenants « en aval » de donner leurs observations, dès le début des travaux, aux intervenants « en amont ».

Exemple.

Un mur en béton d'essai sera réalisé de façon à ce que le peintre, qui devra faire les enduits puisse faire ses observations sur le bullage ou les balèvres (légères saillies) de ce mur, et ce alors que peu de murs auront été coulés.

Cette disposition est souvent prévue par les maîtres d'œuvre diligents, les autres se voyant rapidement confrontés à des réclamations et des surcoûts.

- **Travaux d'un intervenant non préjudiciables à la qualité des travaux d'un autre intervenant.** On citera, par exemple, la détérioration d'une étanchéité par les travaux du lot CVC.

■ **Du point de vue environnemental**, au moins 2 points, toujours importants doivent être suivis avec attention :

- la **qualité de la nappe phréatique**. Si les fondations l'approchent, des analyses de la qualité de l'eau avant travaux, et pendant les travaux, doivent être faites ;
- les **nuisances aux riverains** : constats d'huissiers préliminaires et travaux discrets sont nécessaires.

- Depuis quelques années, en sus des indicateurs de sécurité (taux de fréquence, taux de gravité) et des indicateurs de qualité (nombre de non-conformité...) des **indicateurs environnementaux** sont suivis. Certains sont demandés par le client, d'autres sont librement choisis par les entreprises. La normalisation européenne de ces indicateurs est en cours (CEN/TC 350 cf. le site web de l'AFNOR).

On citera par exemple : l'eau utilisée, les déchets ultimes, le bruit émis, etc. En se fixant des objectifs en progression, d'un chantier de bâtiment sur l'autre, les responsables du chantier feront une démarche de développement durable et s'intégreront dans la réglementation en cours de mise en place des bâtiments construits en éco-conception.

3.2 Suivi des rendements, des plannings et du budget

■ Dans un chantier de bâtiment **suivre les rendements**, c'est comparer le nombre d'heures, prévu à l'étude pour exécuter une certaine tâche, avec celui effectivement réalisé sur le chantier. Plus le chantier est important, plus les tâches élémentaires suivies doivent être nombreuses.

Le suivi de ces rendements est altéré par la période d'acclimatation (citée en paragraphe 1.1) qui se traduit par de plus faibles rendements au début du chantier. L'amélioration progressive des rendements (selon une courbe d'apprentissage), entre les premiers jours et la période de pleine cadence, peut dépasser 100 %. Si les rendements prévus ne sont pas atteints, l'organisation doit être reconsidérée :

- modification de l'encadrement ;
- changement d'équipes ;
- augmentation du matériel, etc.

■ Le **suivi des plannings** sur les tous petits chantiers de bâtiments est souvent négligé, ce qui conduit à une image dégradée des entreprises sur cet aspect. Mais, dès que les chantiers deviennent un peu complexes, ce suivi est très important, compte tenu de l'imbrication des intervenants et du fait que les heures de travail des ouvriers ne sont pas stockables.

Une usine peut réguler son planning de production par un stock. En dehors de l'entreprise de gros œuvre, qui peut avoir de l'avance sur son planning et ainsi pallier un futur ralentissement, les corps d'état du bâtiment ne peuvent se permettre, ni avance, ni retard.

Le suivi des plannings est effectué collectivement, lors des réunions de chantier (hebdomadaires sur la plupart des chantiers), dirigées, soit par l'OPC (marchés publics), soit le maître d'œuvre, ou le directeur de chantier de l'entreprise générale.

Pour les chantiers très importants, un ou deux techniciens permanents seront nécessaires à ce suivi, lequel est toujours fait à l'aide de logiciels informatiques, tels que MS project de Microsoft, PSN de Sciforma... (cf. dossier [C 112v2]). Les techniciens s'attacheront à suivre plus particulièrement chaque entreprise au début de son intervention, tant qu'elle n'a pas atteint son avancement journalier prévu.

■ On l'a vu, la plupart des chantiers de bâtiments sont réglés de manière forfaitaire. En sus de la comparaison régulière, entre l'étude de prix et la réalité sur le chantier, le **suivi du budget** est essentiellement un suivi des travaux supplémentaires. Ceux-ci ont toujours une forte incidence sur l'organisation du chantier.

- **En marché public**, compte tenu du caractère exécutoire des ordres de service (OS), le traitement de ces OS nécessite une organisation rigoureuse et une approche très contractuelle par les entreprises de bâtiment :

- étude de faisabilité des travaux supplémentaires ;
- devis pour la réalisation de cette étude ;
- incidence sur le délai ;
- accord du maître d'ouvrage pour démarrer l'étude ;
- après la conclusion de celle-ci, devis pour les travaux supplémentaires proprement dits ;
- nouvel accord du maître d'ouvrage, etc.

- *A contrario*, en **marché privé**, les travaux supplémentaires génèrent une amélioration de marge.

- Dans les deux cas, le directeur du chantier, ou du corps d'état considéré, devra suivre ces travaux supplémentaires, personnellement, ou y impliquer un (ou plusieurs) de ses collaborateurs. Si l'on se place du point de vue du maître d'ouvrage, celui-ci devra veiller à limiter ses demandes de travaux supplémentaires, car ils sont toujours une source de dérive dans le planning (cas des marchés publics) ou le budget (cas des marchés privés).

3.3 Logistique

On entend par logistique, dans un chantier de bâtiment, l'activité qui a pour objet de gérer les flux physiques, c'est-à-dire l'approvisionnement à pied d'œuvre des dizaines, voire certaines de milliers d'éléments qui constituent un grand bâtiment.

Après les phases d'évacuation de déblais/démolition, ces flux sont essentiellement à sens unique, des fournisseurs vers le chantier, et en trois dimensions (y compris vers le haut).

Pour assurer cette logistique, des moyens et des matériels sont nécessaires.

■ **Sur les petits chantiers** de bâtiments, chaque entreprise intervenante veille à ses approvisionnements en s'assurant d'une zone de stockage, au pied du bâtiment, et de la possibilité d'utiliser les moyens de manutention montés par l'entreprise de gros œuvre.

■ Par contre, **pour les chantiers les plus grands** (ex : IGH), une organisation spécifique doit être mise en place pour gérer tous les flux et éviter « l'asphyxie » du chantier, ce d'autant que ces IGH étant construits, en zone urbanisée, la place manque.

■ Dans le **cas d'un chantier confié à une entreprise générale**, celle-ci organise cette logistique *via* des techniciens habitués à la programmation. Des monte-charges provisoires, après le démontage des grues du gros œuvre, sont souvent nécessaires. Les moyens de levage doivent être définis dans les contrats des corps d'état.

Exemple.

Sur le chantier de rénovation de la tour AXA, à La Défense (2008-2009), sont mis en œuvre, pendant le chantier :

- une grue de 260 m ;
- 3 ascenseurs extérieurs ;
- 6 ascenseurs intérieurs ;
- 2 monte-personnes (cf. figure 10).

Un planning horaire d'arrivée des camions de matériel, de déchargement, puis d'utilisation de chaque moyen de manutention est suivi quotidiennement.

3.4 Gestion des interfaces

Les interfaces sont nombreuses, les intervenants l'étant également. On peut distinguer les **interfaces techniques** et les **interfaces de planning**.

Les **interfaces techniques** sont dues aux limites de prestation de chaque intervenant. L'auteur recommande de ne pas innover en ce domaine et de suivre les habitudes.

Attention à une interface particulière : les réservations dans le gros œuvre qui servent de passage aux réseaux, c'est-à-dire les trous provisoires faits dans les murs et planchers pour laisser passer les tuyaux de chauffage, les gaines de ventilation, les câbles électriques,..., il est recommandé de procéder à des réservations communes aux différents réseaux (un seul trou large où l'on fait passer tous les réseaux).

En fin de pose de ces réseaux, les réservations doivent être rebouchées (calfeutrées). Cela sera fait par une seule entreprise qui sera rémunérée en conséquence.

On n'oubliera pas les interfaces dues aux intervenants extérieurs (EDF, réseaux d'eaux de la ville...) (cf. figure 11), ni les interfaces dues aux tolérances de réglage différentes selon les professions.



Figure 10 – Grue à tour et ascenseurs extérieurs à La Défense



Figure 11 – Gros-œuvre en sous-sol. Interface avec les réseaux existants. Bétonnage poteaux et clavage poutres (Crédit Rabot Dutilleul. Xavier Mouton – Studio Horizon)

■ Les **interfaces de planning** se produisent dès qu'un retard chez un intervenant apparaît, retard qui se répercute sur les autres intervenants. Toute accélération d'un intervenant, pour compenser un retard, peut se traduire par un excès de coactivité, une suractivité préjudiciable à la sécurité, ce qui peut empêcher la compensation de ce retard.

3.5 Dépenses communes

Certaines dépenses communes, comme le nettoyage du chantier, l'éclairage dans les zones de circulation, ou le préchauffage des bâtiments, sont gérées *via* un compte, dit « **compte-prorata** », aux frais des entreprises intervenantes (par un prélèvement pouvant atteindre 2 % du montant de leurs travaux). Ce compte est généralement tenu par une des entreprises dans le cadre d'une convention inter-entreprises imposée par les contrats respectifs de chaque entreprise.

Ce mode de gestion déresponsabilise et est source de dépenses excessives et de conflits.

Il y a lieu de vider de sa substance ce « compte-prorata » en transformant le maximum de ces dépenses, dites « communes », en obligations contractuelles à charge de telle ou telle entreprise :

- l'éclairage des zones de circulation sera une obligation de l'électricien ;
- le préchauffage sera demandé à l'entreprise de peinture.

Intéressée à respecter ses obligations au meilleur coût, l'entreprise en charge évitera les dépenses inutiles.

3.6 Aléas et imprévus

La plupart des aléas et imprévus d'un chantier de bâtiment apparaissent pendant la phase des travaux de terrassement et de fondations, et le début du gros œuvre.

Certains de ces aléas, comme ceux dus à un sol pollué, à une découverte archéologique ou d'explosif, à une canalisation enterrée non prévue..., peuvent être évités si l'organisation globale du projet a été bien faite *via*, par exemple, un marché préliminaire spécifique de reconnaissance de sol.

On prévoira, sur le planning et le budget, des marges pour compenser les imprévus :

- intempéries ;
- difficulté de mobilisation ;
- exigences non prévues des riverains...

■ La **mise en place d'une nouvelle réglementation et l'évolution des équipements sont deux autres sources d'aléas et d'imprévus** dans les chantiers de bâtiments.

• L'**évolution de la réglementation** sera une source de difficultés, si la gestation du projet a été longue et si cette évolution n'a pas été intégrée lors de l'établissement des contrats.

L'auteur considère qu'un peu de rigueur et d'attention, lors de la rédaction des contrats, peut éviter tout déboire à ce sujet.

• L'**évolution des équipements** peut-être aussi une source d'imprévus pour les chantiers complexes.

Exemple.

Un nouvel équipement pour réaliser de l'imagerie par résonance magnétique plus lourd, plus volumineux que le précédent, peut entraîner une modification de la pièce correspondante (dimensions, ferrailage du plancher...).

■ **Autre aléas important : le dépôt de bilan d'une entreprise.** Le grand nombre d'intervenants sur les chantiers de bâtiments augmente le risque que l'un d'entre eux disparaisse pendant le chantier et perturbe tous les autres. Ce n'est que si le marché de cet intervenant défaillant comporte des prix normaux qu'il pourra être rapidement remplacé. Les conséquences de cette défaillance pourront être alors minimisées.

4. Livraison et garanties

La livraison d'un bâtiment à ses futurs occupants est précédée de la réception (plus exactement des OPR : Opérations préalables à la réception, le terme réception correspondant à l'acte administratif lui-même).

L'organisation du chantier doit tenir compte du fait que la réception est généralement globale.

Exemple.

L'entreprise qui a réalisé le gros œuvre doit attendre, pour voir réceptionner ses travaux, que l'ensemble du bâtiment soit terminé (que les moquettes soient posées par exemple...).

On comprend bien l'intérêt du propriétaire à cette réception unique, mais les conséquences peuvent être considérables pour les intervenants.

Après la fin de l'étanchéité, par exemple, plusieurs mois peuvent se passer, et l'étanchéité peut être percée par les intervenants ultérieurs, tels que l'entreprise de CVC s'occupant de la toiture.

Chaque corps d'état doit s'organiser pour veiller à la protection de ses réalisations, entre la fin de ses travaux et la réception. À défaut, des litiges auront lieu.

La réception d'un bâtiment est une opération importante, longue (des dizaines de milliers de points à vérifier), mais qui peut s'organiser de manière assez simple. À partir de l'ensemble des plans d'exécution de tous les corps d'état, on établit des fiches récapitulatives pièces par pièces. Une fiche décrit l'intégralité de tous les équipements d'une pièce. Il n'y a plus qu'à vérifier que tout y soit. Les réseaux sont cependant essayés et réceptionnés par secteur, puis globalement.

Après les OPR, toutes les entreprises doivent procéder à la levée (suppression) des réserves. Une approche systématique, rigoureuse est indispensable pour lever ces réserves rapidement, et au meilleur coût.

Les entreprises du bâtiment donnent une garantie de parfait achèvement et une garantie décennale. Elles doivent être assurées pour cette dernière (loi de 1978, modifiée par ordonnance du 8 juin 2005). La garantie décennale est bien connue des maîtres d'ouvrages et, 9 ans après la réception, ils cherchent souvent à l'utiliser, compte tenu de la présomption de responsabilité des constructeurs.

Les chantiers de bâtiment doivent donc être organisés pour que les éventuels responsables et leurs assurances puissent être retrouvés. Cela passe par un archivage soigné. Tous les originaux des contrats de construction, toutes les attestations d'assurance doivent être préservés dix ans après la réception.

5. Conclusion

Les chantiers de bâtiments sont une des activités les plus anciennes de l'homme, visant à satisfaire un de ses besoins élémentaires : être abrité. L'adjonction de très nombreuses fonctionnalités à ce besoin a rendu ces chantiers complexes.

Chantier veut dire aussi trop souvent « lieu en désordre ». Une bonne organisation dans les chantiers de bâtiment rendra désuète cette signification.

Le plus haut édifice, construit à ce jour par l'homme, est un bâtiment de 820 m de haut, la tour Burj Dubaï, c'est :

- 3 000 ouvriers ;
- 330 000 m³ de béton ;
- 39 000 t d'acier ;
- 142 000 m² de verre ;
- un niveau tous les 3 jours ;
- 4 ans et demi de chantier ;
- un coffrage grimpant pour le noyau ;
- du béton pompé retardé refroidi ;
- 3 grues à tour à flèche basculante fixées sur la structure ;
- une tour métallique sommitale montée par vérinage) (cf. figure 12 et le site Internet correspondant ([Doc. C 114])).



Figure 12 – Tour Burj Dubaï (Crédit site web de Besix)