

3

Par **Nacer TAKORABET**,
directeur technique Cévico
Photos et illustrations : Cévico

La préfabrication d'éléments en usine et leur emploi dans les constructions en béton est un processus industrialisé très répandu en Europe. Il est rare qu'un bâtiment à étages civil ou fonctionnel courant ou spécial (voir exceptionnel) soit coulé en place dans sa globalité.



Bâtiment industriel type 2 [IKEA, Saint-martin-d'Hévers]

EMPLOI D'ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS EN BETON ARMÉ OU PRÉCONTRAINTE

En France, les industriels se sont organisés dans le cadre de la FIB pour promouvoir et adapter leurs produits aux exigences de plus en plus croissantes des techniques de construction.

La technique de préfabrication présente des avantages liés au gain de temps réel en phase d'exécution et à la qualité des éléments obtenue en usine grâce à des procédures de contrôle plus rigoureuses que sur chantier.

Il faudrait qu'il en soit de même des soins à apporter aux opérations de montage, aux assemblages entre éléments et à la préparation de leurs surfaces appelées à recevoir le béton coulé en place pour reconstituer le monolithisme.

Le groupe Cévital dispose de 3 usines de préfabrication d'éléments en béton (Alger et Oran) dont la troisième est en cours de construction à Sétif. La gamme de composants structurels de base en production est décrite au paragraphe 2.

Les domaines d'emploi de ces composants couvrent les bâtiments à un ou plusieurs niveaux. Ils peuvent être classés en trois catégories essentielles :

- **Type 1** : Sont visés les bâtiments courants à étages comme les immeubles résidentiels ou bureaux, les établissements scolaires, les parkings, les hôpitaux et similaires. Les composants utilisés sont essentiellement des éléments horizontaux de plancher : les poutres, les prédalles et les dalles alvéolées complétées par le béton coulé en place.
- **Type 2** : Sont visés les bâtiments industriels à un niveau avec ou sans présence d'une mezzanine comme les centres commerciaux, les showrooms, les halles industrielles et divers entrepôts en général, la poutraison préfabriquée (poutres, pannes) est support de la toiture relativement légère. L'ossature principale est composée de poteaux carrés (ou rectangulaires) préfabriqués encastés à leur base dans le fût de fondation et associés en tête par rotule aux poutres en béton précontraint.
- **Type 3** : Il s'agit du même type de bâtiment que la catégorie 2 avec cependant 2 à 3 niveaux (R+1 ou R+2) de double

hauteur comportant des planchers et un système de contreventement adéquat (noyau, voiles,...).



CPC a déposé en dossier d'homologation les procédés de fabrication en usine auprès du CNERIB (Centre National d'Etude et de Recherche Intégrées du Bâtiment) à Alger. Ont contribué à l'élaboration de ce dossier d'homologation : M. FOURE, consultant au CEBTP (ex-directeur du département structures), membre de la commission de rédaction des PS92 et de l'Eurocode 8 M. CHEFDEBIEN, directeur "Produits &

Système" au CERIB à Paris ; rapporteur du groupe de travail du DTU 23.3 issu du projet Eurocodes de "Guide de vérification et de dimensionnement des ossatures industrialisées en béton pour leur résistance au séisme" dont il est animateur.

La démarche retenue consiste à apporter les justifications pour l'emploi d'éléments préfabriqués dans les domaines précités, en particulier en zones sismiques :

- Définition des gammes d'éléments et de leur domaine d'emploi.
- Analyse des règles parasismiques algériennes et proposition de compléments dont ceux tirés de l'EC8 ainsi que les recommandations AFPS.
- Examen de la question particulière des éléments précontraints,
- Justification et ajustement des coefficients de comportement.
- Etude des assemblages, en particulier les nœuds poteaux-poutres des portiques pour les 3 types de bâtiments.
- Proposition d'un référentiel de calcul pour les bâtiments industriels type 2 et retour d'expérience.

Le demandeur de cette homologation est "Cévital Pôle Construction" et les utilisateurs sont les usines de préfabrication "CEVICO".

DESCRIPTION DES GAMMES D'ÉLÉMENTS

Les éléments de structures visés sont des composants industriels conçus par la direction technique de CPC et fabriqués dans les usines CEVICO.

Ils sont assemblés sur chantier pour constituer tout ou partie de l'ossature des bâtiments.

La gamme de composants structurels de base est la suivante :

- **Planchers** : poutres et prédalles en béton armé, dalles alvéolées précontraintes (DAP),
- **Toiture** : poutres en béton armé ou précontraintes de différentes formes, pannes, dalles en double té
- **Porteurs verticaux en béton armé** : poteaux avec ou sans corbeau,
- **Fondation** : fût recevant le poteau ou plot (semelle + fût), longrines.

Sur les figures ci-contre sont montrés, à titre d'exemples, les poutres en "I" et en "T" inversées, les poutres en double-pente, les poteaux avec corbeaux et les dalles alvéolaires précontrainte.



Poteaux avec corbeau d'appui de plancher intermédiaire



Poteaux R+0 (toiture)



Poutres en "té" renversé : Support de dalles double té



Poutres en "I" : Support de dalles alvéolaires utilisé aussi comme chemin pour pont roulant



Dalles alvéolaires précontrainte

DOMAINES D'EMPLOI

Bâtiments courants à étages de type 1

Les bâtiments civils et fonctionnels à étages peuvent recevoir les éléments préfabriqués de plancher en béton armé ou en béton précontraint (poutres, prédalles, DAP).

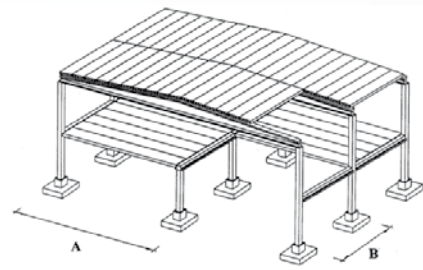


Bâtiment bureaux : Exaltis à Paris, Bouygues (2005)

Avant-projet : P. BUSI et N. TAKORABET
Modélisation : N. TAKORABET

Bâtiments industriels à un niveau type 2 " avec ou sans mezzanine "

Ce type de système de construction par portiques préfabriqués repose sur le principe de liasonner les poteaux et les poutres par rotule aux moyens de broches scellées ou boulonnées. Dans ces bâtiments à portiques, il est possible d'insérer un plancher intermédiaire (mezzanine partielle ou complète). Ils sont généralement réalisés en plaçant une ou plusieurs rangées de poteaux et poutres de plancher à l'intérieur du bâtiment sur lesquelles reposent les dalles.

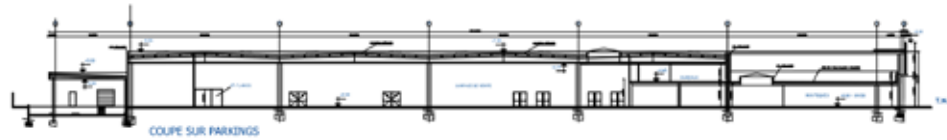


Construction à portiques avec plancher intermédiaire

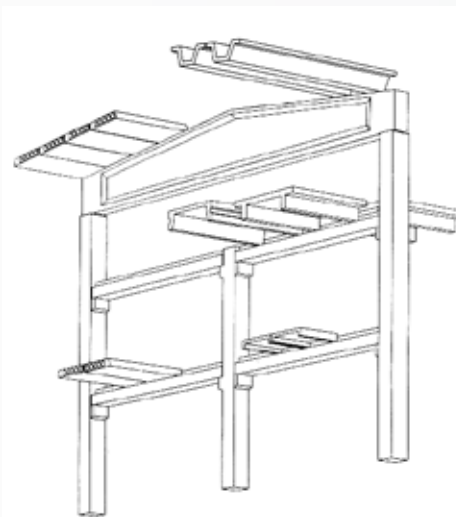
Bâtiments industriels sur 2 à 3 niveaux type 3 " Contreventés par noyau et voiles "

Comme le type 2, ces bâtiments sont composés de poteaux et de poutres de différentes formes et dimensions. Cependant les portiques ne jouent pas le rôle de contreventement. Ce système est souvent utilisé dans des bâtiments de 2 à 3 niveaux à double hauteur. Les poteaux, encastrés à leur base dans la semelle de fondation à encuvement et continus sur la hauteur du bâtiment sont munis de corbeaux support des poutres. Ils sont de section carrée ou rectangulaire.

La stabilité est assurée par noyau (cage d'escalier, gaine de monte-charge) complété si nécessaire par des voiles latéraux ou aux angles du bâtiment.



Bâtiment industriel type 2 [Projet NUMIDIS (groupe Cévital), hypermarché UNO, RN5, BOUIRA] Avant projet : Cévital Pôle Construction



Éléments de planchers et toitures



Bâtiment contreventé par noyau central

ASSEMBLAGES ENTRE ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

ASSEMBLAGES VISÉS

Les assemblages entre éléments préfabriqués méritent toute l'attention des concepteurs d'une opération :

- Les assemblages prévus entre éléments linéaires sont réalisés de deux façons :

→ clavetage : c'est, en général, le cas des nœuds de bâtiments courants formés par un poteau coulé en place et des poutres préfabriquées dans leur retombée ;

→ brochage : cette technique est adaptée aux bâtiments industriels dont les portiques sont formés par des poutres et poteaux préfabriqués,

- Assemblage entre éléments de planchers (prédalles, DAP) et leurs supports (poutre, poteau, voile) et le béton coulé en place.

- Assemblage par encuvement du poteau dans sa fondation assurant un encastrement.

NOEUDS POTEAUX-POUTRES DES BÂTIMENTS COURANTS

On traite essentiellement des nœuds des portiques autostables ou qui participent au contreventement avec des voiles. Deux questions fondamentales sont posées :

- avoir un bon remplissage du nœud par le béton coulé en place,
- concevoir et réaliser des dispositions d'armatures de continuité efficaces (et les contrôler).

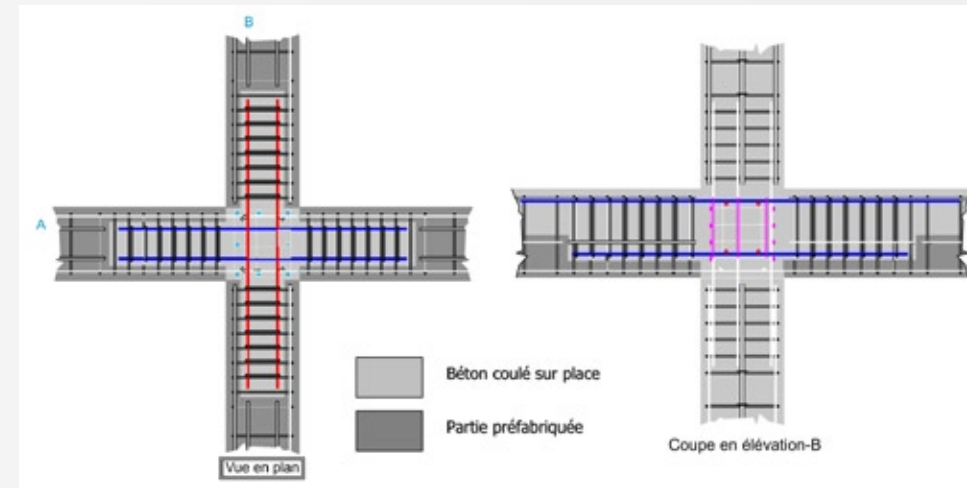
Typologies des nœuds

Il faut distinguer plusieurs cas selon la position du nœud dans l'ossature. Tout d'abord, dans un plan de contreventement :

- nœud intermédiaire où les poteaux et les poutres existent de part et d'autre du nœud : NIV
- nœud de rive verticale où il n'y a de poutre que d'un seul côté : NRV
- nœud de rive horizontale supérieure où il n'y a de poteau que d'en dessous : NRH
- nœud d'angle ne concernant qu'un seul poteau (en dessous) et une seule poutre : NAG

De plus, dans le cas général, on est en présence de plusieurs plans de contreventement, il existe une poutre perpendiculaire au plan de contreventement de chaque côté du nœud, ou d'un seul côté s'il s'agit d'un plan de rive. Dans le cas général, chaque nœud doit être armé pour travailler dans une direction de contreventement et dans la direction perpendiculaire.

Enfin, dans le comportement sismique, les efforts exercés sur le nœud peuvent être d'un sens ou du sens inverse, pour chaque direction de contreventement. Dans le cas particulier d'un nœud d'angle, on a alors les sens "ouvrant" et "fermant".



Nœud poteau-poutre : niveau courant Type NIV : nœud intermédiaire vertical : 1 Poteau et 4 poutres

NOEUDS POTEAUX-POUTRES DES BÂTIMENTS INDUSTRIELS

Les assemblages traités sont les suivants :

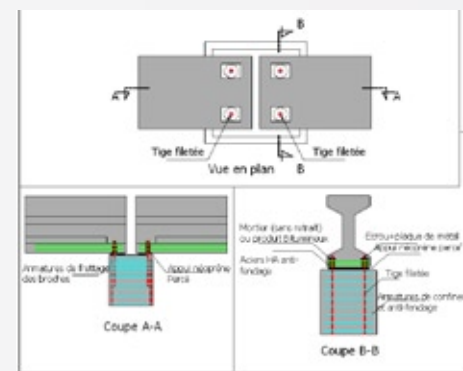
- poteau-poutre rectangulaire au dernier niveau par brochage,
- poteau-poutre en I au dernier niveau par brochage,
- poteau-poutre rectangulaire au dernier niveau par brochage sur joint de dilatation,
- poteau-poutre rectangulaire au dernier niveau par clavetage,
- poutre-panne au dernier niveau : blocage par goujon,
- poteau intermédiaire à double corbeau avec poutre rectangulaire par brochage,
- poteau de rive à corbeau avec poutre rectangulaire par brochage,
- poteau de rive à corbeau avec poutre en double pente par brochage,
- poteau de rive à corbeau avec poutre en I par brochage,
- poteau de rive à corbeau avec poutre en H (chéneau) par brochage,
- poteau intermédiaire à corbeaux avec poutre rectangulaire et DAP,
- poteau avec plot de fondation par encuvement (extrait des recommandations FIB / CERIB).

ASSEMBLAGE DES ÉLÉMENTS DE PLANCHERS

Les assemblages traités sont les suivants :

- liaison poutre-voile en laissant une fenêtre dans la voile (encoche),
- poteau-dalle (cas de DAP) par console solidaire du poteau,
- poutre de rive ou intermédiaire avec DAP et béton coulé en place,
- poutre de rive ou intermédiaire avec prédalles et hourdis coulé en place,
- poutre et DAP avec torons dépassants et béton coulé en place,
- poutre et DAP avec torons dépassants par console sans retombée,
- poutre et DAP dans le sens latéral (sens non porteur),
- deux DAP et la couche de béton coulé en place avec joint armé au cisaillement par étrier,
- voile-DAP dans le sens latéral bande noyée de rattrapage,
- voile-DAP avec toron dépassant par console sans retombée,
- DAP-Principe de ferrailage du chevêtre et report de charges sur les DAP adjacentes,
- porte-à-faux avec dalle en amont constituée de DAP disposés dans le sens porteur ou non.

Le cisaillement régnant à l'interface entre les DAP et la chape coulée en place est repris par des étriers disposés dans les joints entre deux panneaux et liaisons avec le treillis soudé. Quand aux prédalles, elles sont livrées armées transversalement par des grecques ou par tout autre dispositif de couture équivalent. D'une façon générale, les faces des éléments préfabriqués appelés à recevoir le béton frais coulé en place doivent être rugueuses et propres (débarassées de la laitance et tout autre dépôt comme la poussière, eau...).



Assemblage poteau-poutre en "I" par broche

SYNTHESE & PERSPECTIVES

La technique de préfabrication est très répandue en Europe et ailleurs (USA, Canada, Dubai) et la littérature technique traitant du sujet est de nos jours abondante.

Les gammes d'éléments et leurs domaines d'emploi ont été définis et une classification prenant en compte l'incidence de la préfabrication est proposée dans le cadre du RPA. A ce sujet, les normes et règlements français et les Eurocodes 2 et 8 ont été exploités pour tirer des compléments et des adaptations aux RPA. Une attention particulière est portée aux détails d'assemblage pour les 3 types de bâtiments visés tant au niveau des nœuds de jonction poteaux poutres que des éléments de planchers avec leur support (poutre, voile).

Par dérogation au paragraphe 7.2 des RPA, nous proposons d'augmenter la résistance maximale des bétons de 45 MPa de 10 MPa en la ramenant à 55 MPa et exceptionnellement à 60 MPa. L'emploi d'éléments précontraints dans les systèmes de contreventement est interdit en zone sismique par le RPA. A la lecture de l'article 2.5.3, cette interdiction incrimine les portiques autostables (classes 1a et 1b) et les systèmes de contreventement mixtes voiles / portiques (4a). Pour les autres classes de contreventement RPA, ce sont les voiles et/ou noyau qui assurent la reprise des efforts sismiques et les poutres sont simplement appuyées sur les poteaux en cas de présence de ces derniers. Les éléments de dalles précontraints (DAP, prédalles, double T inversé) jouent un rôle de diaphragmes et peuvent être admis sans constituer réellement une dérogation.

La suite des procédés de préfabrication pourrait porter sur des éléments suivants :

- dalles alvéolées en béton armé,
- poteaux préfabriqués dans les bâtiments à étages,
- éléments spéciaux de toiture,
- voiles en panneaux double croûte,
- panneaux de façades non structuraux .

CEVITAL PÔLE CONSTRUCTION

"COMPLEXE CÉVITAL" 29, ROUTE DE MEFTAHA, LARBAA W.BLIDA - ALGÉRIE

SIÈGE : LÔT D, N°06 ZHUN GARIDI II, KOUBA - 16005 ALGER

TÉL.: 00 213 (0) 21 56 38 10/80

FAX : 00 213 (0) 21 56 38 20

WWW.CEVITAL.COM

