LES BETONS EN SITE MARITIME

Présentation du guide technique CETMEF, du chantier de l'extension du terminal agro alimentaire et de la station d'étude de malaxage du LCPC

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Centre d'Études Techniques Maritimes Et Fluviales

Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi
CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

Nantes, le 25 novembre 2009

PROGRAMME

- **LE NOUVEAU CONTEXTE NORMATIF EUROPEEN DES BETONS**
- **LA NORME BETON NF EN 206-1**
- **LE GUIDE D'UTILISATION DU BETON EN SITE MARITIME**
- **LE CHANTIER de l'extension du terminal agro alimentaire**
- **Présentation et visite de la STATION D'ETUDE DE MALAXAGE du LCPC**

Association Française de Génie Civil

OCTOBRE 2009

Association Française
de Génie Civil

Un lieu d'échanges pour tous les acteurs du Génie Civil…

L'Association Française de Génie Civil (AFGC) est **un lieu privilégié de rencontres et d'échanges** entre tous les acteurs du Génie Civil (**ingénieurs, techniciens, architectes, enseignants, étudiants)**

L'AFGC a pour objectif de rapprocher le monde des matériaux de celui des structures et le monde de l'enseignement et de la recherche de celui de la conception et de la réalisation.

L'AFGC regroupe actuellement près **d'un millier d'adhérents** qui sont des membres individuels ou des représentants de leur Société ou Organisme.

Association Française de Génie Civil

Répartition des membres par catégories

Entreprises et Bureaux d'études	40%
Universités et Laboratoires	21%
Industries des matériaux	10%
Maîtres d'œuvre et Maîtres d'ouvrage	21%
Architectes	2%
Administration et Collectivités locales	4%
Divers	2%

Association Française
de Génie Civil

… Relais des grandes Associations Internationales …

L'AFGC constitue un lien entre le Génie Civil Français et la Communauté Scientifique Internationale. Elle est en contact permanent avec :

- l'**AIPC** (Association Internationale des Ponts et Charpentes),
- la **RILEM** (Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrages),
- la **fib** (fédération internationale du béton),
- l'**ACI** (American Concrete Institute).

L'AFGC est aussi un lien pour les ingénieurs et chercheurs français travaillant à l'étranger.

Association Française
de Génie Civil

… Relais des grandes Associations Nationales …

L'AFGC est aussi un lien pour les ingénieurs et chercheurs français.

Elle est en effet en contact avec :

- L'AUGC (Association Universitaire de Génie Civil)
- L'AFPS (Association Française de Génie Parasismique)
- L'AFTES (Association Française des Travaux en Souterrain)
- Le CFMS (Comité Français de Mécanique des Sols)
- Le Pôle Génie Civil Ecoconstruction
- L'Association Le Pont / Le STRRES
- L'Association Eugène Freyssinet
- L'Association ASCO TP
- Le Chapitre ACI de Paris

Association Française
de Génie Civil

… Proche de ses adhérents grâce à ses Délégations Régionales

L'AFGC permet à ses adhérents de bénéficier des activités de ses **Délégations Régionales** grâce à sa structure décentralisée.

Depuis mars 2009, il existe 7 délégations :

- **Grand Est**
- **Grand Ouest**
- **Méditerranée**
- **Nord Picardie**
- **Océan Indien**
- **Rhône Alpes**
- **Sud Ouest**

Association Française
de Génie Civil

Une expertise scientifique et une diffusion de la connaissance

L'AFGC a deux principaux types d'activités :

LES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES animées par **le Comité Scientifique et Technique (CST)** structuré en groupes de travail constitués d'experts. Ces groupes sont chargés de faire le point de l'état de l'art sur les thèmes majeurs du Génie Civil et d'explorer les axes d'innovation. Ils contribuent à l'élaboration de documents scientifiques et techniques (certains documents sont bilingues anglais français) publiés par l'AFGC qui sont reconnus au niveau national et international.

Association Française de Génie Civil

Une expertise scientifique et une diffusion de la connaissance

Quelques exemples de thèmes en cours d'analyse au sein du CST:

- Bétons Fibrés à Ultra hautes Performances (BFUP)
- Aciers à très haute limite d'élasticité
- Durabilité des ouvrages en béton précontraint
- Structures en bois
- Renforcement et confinement des poteaux par matériaux composites
- Dallages sous charges lourdes

Association Française
de Génie Civil

Une expertise scientifique et une diffusion de la connaissance

L'AFGC a deux principaux types d'activités :

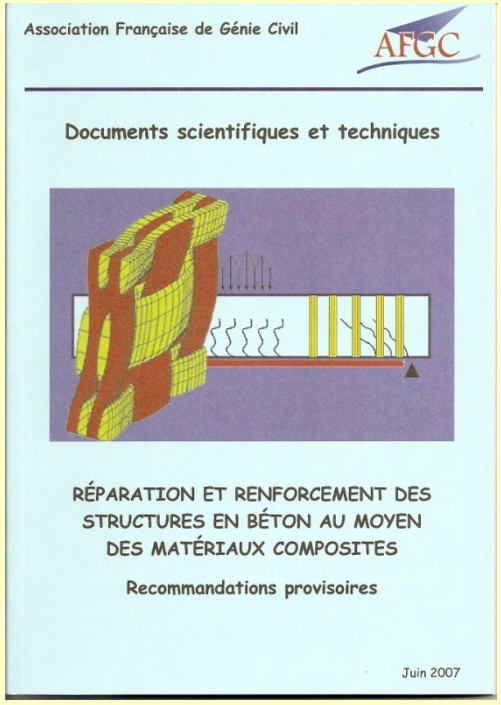
LES ACTIVITÉS DE DIFFUSION DE LA CONNAISSANCE animées par **le Comité des Affaires Générales (CAG),** en étroite liaison avec le **CST** et les **Délégations Régionales** ; elles se traduisent essentiellement par :

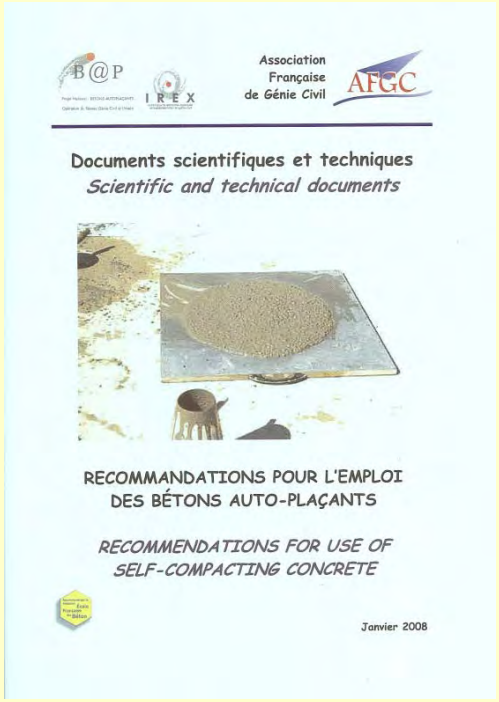
- des publications,
- l'organisation de conférences et de manifestations scientifiques
- l'organisation de visites techniques de chantier.

Association Française de Génie Civil

Les productions de l'AFGC

- **Des publications scientifiques et techniques**

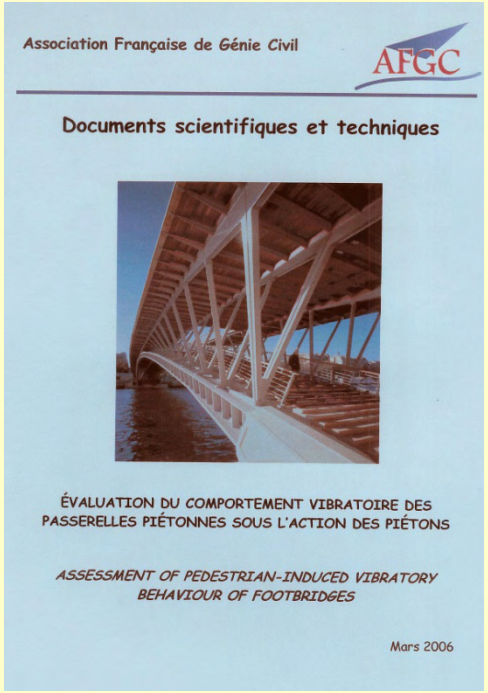




Association Française de Génie Civil

Les productions de l'AFGC

- **Des publications scientifiques et techniques**



Association Française
de Génie Civil

Les productions de l'AFGC

• Des conférences et des visites techniques

L'AFGC organise régulièrement des congrès et symposiums :

- seule (Journées Techniques GC'2009)
- en partenariat avec des organismes français (CIMbéton, Construiracier, LCPC, Pôle Génie Civil Ecoconstruction)
- en partenariat avec des organismes internationaux (Colloque BFUP 2009 les 17 et 18 novembre à Marseille avec la *fib*).

Association Française
de Génie Civil

Les productions de l'AFGC

- **Des publications périodiques**

L'information sur l'ensemble des activités de l'AFGC est diffusée par le biais de documents périodiques :

Un **bulletin annuel** qui regroupe les communications présentées à l'occasion des conférences et des visites techniques et qui synthétise les activités de l'année écoulée

Une **lettre d'information** trimestrielle qui présente les actualités de l'Association et annonce les manifestations à venir

Association Française
de Génie Civil

En conclusion

Être adhérent à l'AFGC c'est pouvoir :

✓bénéficier de documents gratuits (documents scientifiques présentant les travaux des groupes du CST, bulletin annuel, lettres périodiques d'informations, lettres des associations internationales, annuaire des adhérents),

✓profiter des activités de l'AFGC à des tarifs préférentiels,

✓participer aux travaux des divers groupes de l'association,

✓et plus simplement être tenu informé régulièrement de ce qui se passe dans le monde du Génie Civil.

Association Française
de Génie Civil

Toutes les informations concernant l'AFGC sont disponibles sur le site

www.afgc.asso.fr

Productions méthodologiques

CETMEF / DPMVN

Brahim Benaissa

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

Centre d'Etudes Techniques Maritimes ET Fluviales

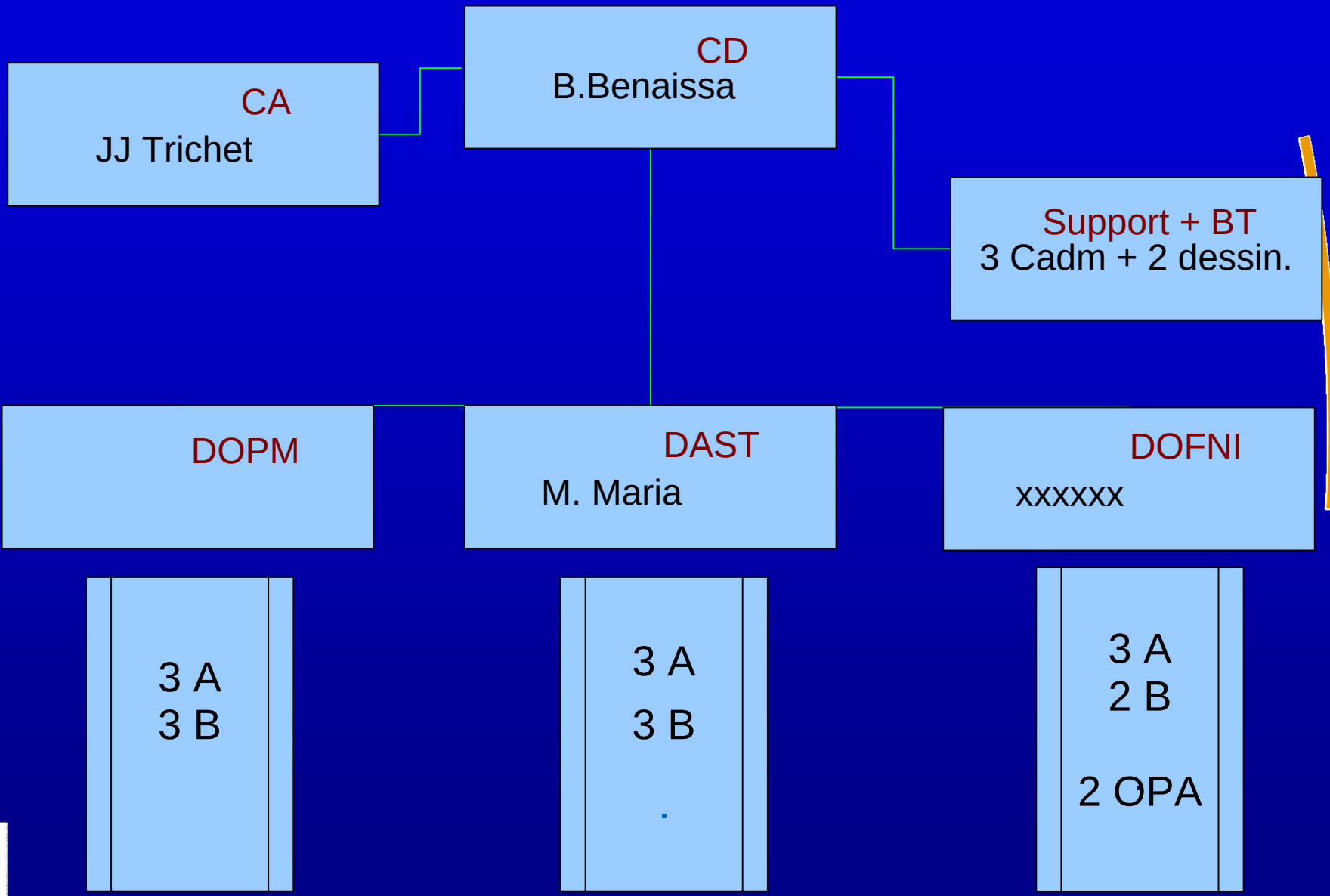
Département
Ports Maritimes et Voies Navigables

Organisation et activités

DPMVN : DOPM, DAST et DOFNI

CDPMVN : Brahim Benaissa

Organisation du département



DPMVN

- Organisation :
  - Effectifs : 23 / 28,
  - CD & CA, DOPM, DAST et DOFNI
- Type d'activités :
  - Contrôle technique des dossiers et avis,
  - Ingénieries et assistances aux ports,
  - Ingénieries et assistances à VNF et DR - VNF,
  - Productions méthodologiques,
  - Formation, animation et échanges,
  - Participation aux groupes de travail (nationaux et internationaux),

Activités 2009

- Contrôle technique des projets :
  - Divers projets des VN ou des ports
- Production méthodologique :
  - Finalisation des productions en cours :
    - (défense de berges, automatisation et sécurité pour VN et
    - productions avec ERA – DIPM pour les ports.
  - Capitalisation sur les études SNE,
  - Guide sur les hauteurs libres sous ouvrages,
  - Dossiers retours d'expériences :
    - Intervention d'urgence (barrage de Meaux)
    - Reconstruction de barrages de navigation.
    - Diagnostic des digues de canaux

Expertises techniques

- Schémas directeurs de maintenance des VN :
  - Assistance technique, Comité de pilotage,
- Assistance aux directions régionales :
  - Barrages de navigation : Vives Eaux, Auxonne, Meaux,
  - Restauration d'écluses : Seine aval.
  - Augmentation des gabarits autorisés : (Dunkerque - Dourges) et instrumentation d'ouvrages,
  - Comportement hydraulique des biefs (Maintien de la ligne d'eau...).
- Assistance à PNA, DCSID et GPM :
  - avec conventions

Animation, échanges, formation

- Journées techniques des voies navigables :
  - Journée barrage de navigation bilan des reconstructions réalisées depuis 1998,
  - Rencontre VNF, VNF-DR et RST (décembre 09),
  - Club barrages réservoirs,
- Journées techniques ouvrages maritimes :
  - GPM : intervenants + autres ports
  - Présentation du guide Béton pour OM (CIM-Béton, SNTPE)
- Formation :
  - ENPC – PFE : Aménagements fluviaux (1,2), ouvrages maritimes (manuel pour enrochements, Rosa 2000)
  - ENTPE : Voie d'approfondissement (GC & EL),
  - SINAVI pour DR - VNF.

Innovation – recherche et expérimentation

- Suivi de l'expérimentation barrage Obermeyer,
- Méthodes d'inspection des pieds de digues,
- Bilan des portes en CVR,
- Projet PLATINA : infra,
- Prise en compte des effets du vent et du courant dans le dimensionnement des ouvrages de navigation (section courante, ponts canaux, etc.).
- Protection contre la corrosion dans les ports.
- Transbordement et nouvelle technologies.
- Réduction des nuisances dans les ports (poussières, bruits, CO2 .;;)
- Valorisation des produits de dragage.

ERA : Les productions finalisées

- Pathologies des ouvrages portuaires :

méthodes d'investigation

- Guide d'utilisation du béton en site maritime

ERA : Les productions en cours

- Mise à jour du premier fascicule du guide « Auscultation, surveillance et entretien des ouvrages maritimes » sur les ouvrages en maçonnerie
  Relecture LCPC

- Document méthodologique sur les pathologies de gonflement des maçonneries en site maritime **Relecture LCPC**

- Guide sur la réparation du béton des ouvrages maritimes
  Relecture Cetmef

ERA : Les productions en cours

- Guide d'application de la méthode VSC à la gestion d'un parc d'ouvrages portuaires
  relecture et application de la méthode

- Etude sur l'utilisation de béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP) dans les ouvrages maritimes : **Relecture**

- Guide sur le rejointoiement des ouvrages maritimes en maçonnerie :

- Etude de l'influence d'une nappe de coffrage drainante sur les propriétés de durabilité du béton d'enrobage :

ERA : Les projets

- De l'approche performantielle du béton à son suivi dans le temps à l'aide de capteurs
- Mise en peinture des ouvrages maritimes en béton
- Utilisation d'alliage inoxydable dans les ouvrages maritimes
- Modélisation des actions mécaniques de l'eau de mer sur les ouvrages intérieurs en béton
- Modélisation des niveaux piézométriques du terre-plein
- autres idées .....

L'industrie cimentière Française

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

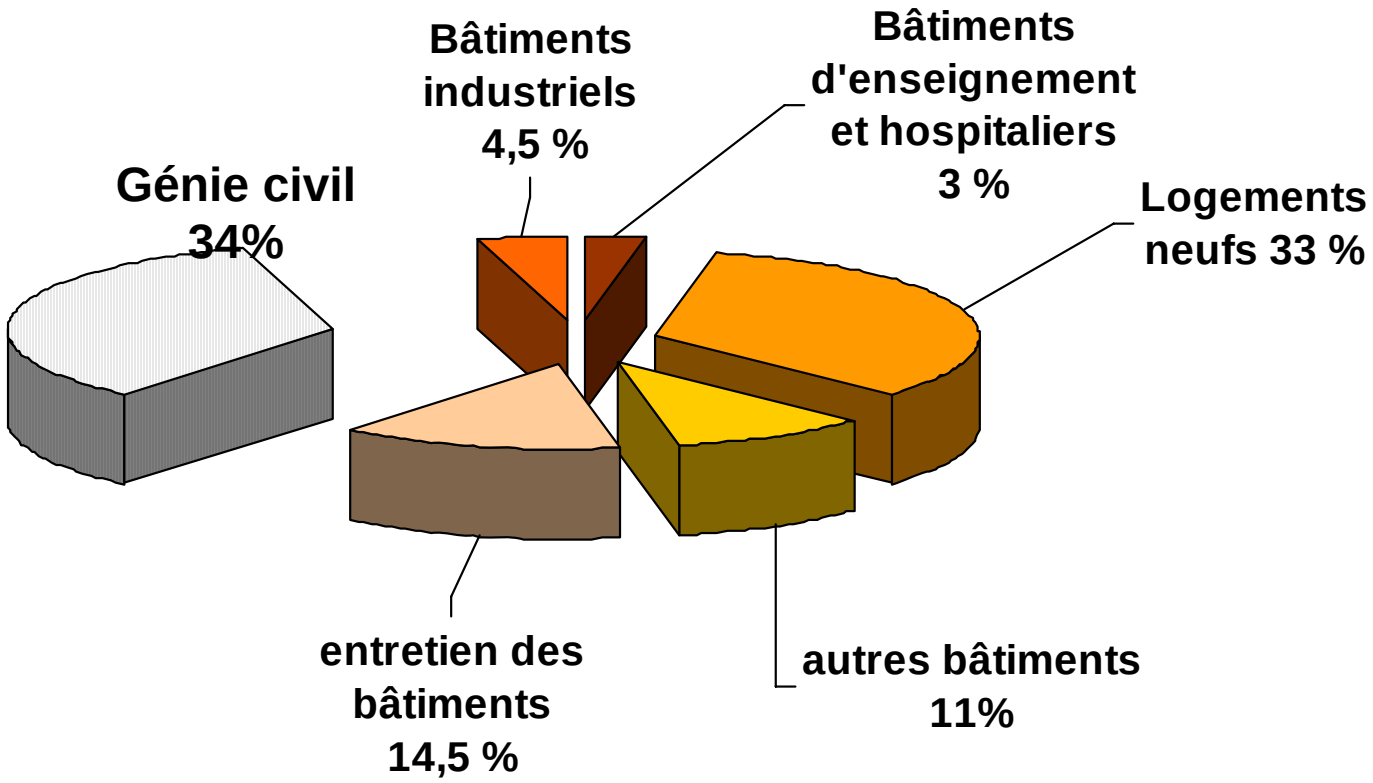
Qui sommes nous?

L'industrie cimentière française

- Cinq sociétés : Ciments Calcia, Holcim France, Kernéos, Lafarge Ciments et Vicat
- 40 sites industriels répartis sur l'ensemble du territoire
- 2,5 milliards d'euros en 2006
- 5000 salariés et 50 000 emplois indirects
- 23,8 millions de tonnes de ciment consommées

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

Flux du ciment



CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

les organisations professionnelles

- **Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques**
  - ✓ R&D, environnement, normalisation, expertise scientifique et technique, centre de documentation

- **Syndicat Français de l'Industrie Cimentière**
  - ✓ questions économiques, sociales, juridiques, représentation générale et défense de la filière

- **Cimbéton**
  - ✓ promotion et information sur les ciments et le bétons auprès des utilisateurs et prescripteurs.

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

Organisme professionnel de l'industrie cimentière,

***Cimbéton** a pour vocation de*

faire connaître les progrès techniques

des ciments et bétons dans les secteurs de la construction :

Bâtiment-Travaux routiers-

Ouvrages d'art et Génie Civil.

écoute, partenariat & innovation

- **Analyser**
  les besoins des acteurs de la construction et les tendances du marché

- **Participer**
  avec ses partenaires,
  au développement d'innovations

- **Communiquer**
  sur les solutions techniques
  les progrès des ciments et des bétons

- **Favoriser les échanges** entre les acteurs de la filière :
  industriels, prescripteurs et utilisateurs des ciments et des bétons

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

conseil & expertise

- **Bâtiment** : logements individuels et collectifs, équipements industriels et hospitaliers, bâtiments d'activité…

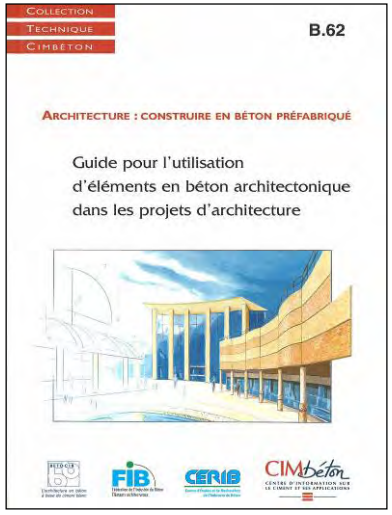
- **Ouvrages d'art & Génie Civil** : ponts, tunnels, écrans acoustiques, assainissement, fondations spéciales…

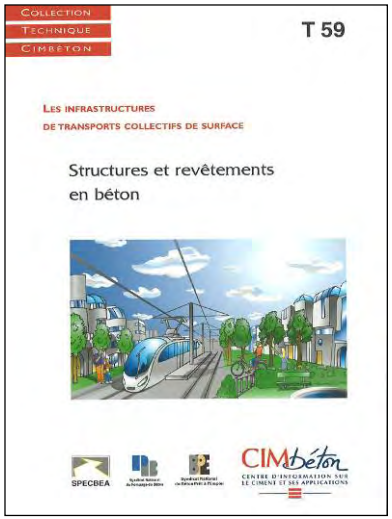
- **Travaux routiers :** traitement de sols, aménagements urbains, chaussées béton…

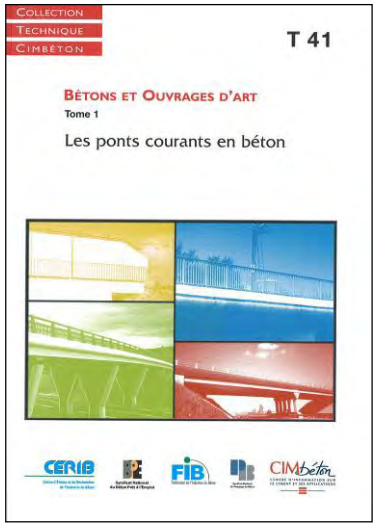
CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

communiquer & promouvoir

- **Collection technique**
  - ✓ Brochures d'informations, fiches techniques
  - ✓ Guides techniques et fiches pratiques







●●●

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

communiquer & promouvoir

- **Revues professionnelles**
  - ✓ Construction Moderne
  - ✓ Routes

- **Internet**
  - ✓ infociments.fr
  - ✓ monbeaubeton.com
  - ✓ solutionsbeton.com
  - ✓ laroutedurable.com

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

former & sensibiliser

- Concours biennal
  « **Bétons, matière d'architecture** »

- Concours **Batissiel** »
  & CD-Rom
  « **Béton : patrimoine et architecture** »

- Modules de conférences

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

DIFFUSER LA BONNE CONNAISSANCE DE CE QUI EST POSSIBLE

Syndicat National
du Béton Prêt à l'Emploi

Le SNBPE

Le béton c'est en France :

43,3 millions de m³
de Béton Prêt à l'Emploi

3 900 millions € HT
de Chiffre d'Affaires

1 700 Centrales

545 Entreprises

14 500 Salariés, dont 8 000
pour la Production
et 6 500 Chauffeurs
de Camions Malaxeurs

- Le SNBPE représente:
  - 200 adhérents
  - 80 % de l'activité globale de la production de béton prêt à l'emploi
- Une production dans des centrales respectueuses de l'environnement
- Un matériau durable indissociable de l'activité économique

LE NOUVEAU CONTEXTE NORMATIF EUROPEEN DES BETONS

Patrick Guiraud,
CIMbéton

DURABILITÉ DES BÉTONS…

La DURABILITÉ d'un ouvrage caractérise sa CAPACITÉ À CONSERVER LES FONCTIONS D'USAGE pour lequel il a été conçu (fonctionnement structurel, sécurité, confort des usagers) et à maintenir son NIVEAU DE FIABILITÉ et son ASPECT ESTHÉTIQUE dans son ENVIRONNEMENT (gel, eaux agressives…), avec des frais de maintenance et d'entretien aussi réduits que possible.

La DURABILITÉ d'un ouvrage dépend de nombreux paramètres dont la qualité de sa conception, la QUALITÉ DES MATÉRIAUX et des produits utilisés, la qualité des dispositions constructives, de la réalisation de l'ouvrage et de la mise en œuvre des produits.

… DURÉE D'UTILISATION DES OUVRAGES…

La durabilité d'un ouvrage doit être assortie d'une durée, temps minimal pour lequel l'ouvrage est conçu, qui est appelé :

la DURÉE D'UTILISATION DE L'OUVRAGE.

Prescrire un béton durable nécessite d'apprécier dès sa conception l'ensemble des CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES et des AGRESSIONS POTENTIELLES qu'il aura à subir pendant toute sa durée d'utilisation.

… OBJECTIFS DE DURABILITÉ

Il est possible désormais de définir des OBJECTIFS DE DURABILITÉ et de choisir avec précision les caractéristiques du béton en fonction de L'AGRESSIVITÉ DU MILIEU dans lequel se trouve l'ouvrage et d'optimiser ses caractéristiques afin de les adapter à la DURÉE D'UTILISATION souhaitée.

Ces dispositions sont à prendre tout au long du cycle de conception jusqu'à la réalisation de l'ouvrage, en passant par le CHOIX DES MATÉRIAUX, des dispositions constructives et des procédures de maîtrise de la qualité.

LES NORMES

Une NORME est :

- ✓ Une spécification technique : document définissant les caractéristiques d'un produit ou d'un service,
- ✓ Le fruit d'un consensus entre différents intervenants : fabricants maîtres d'ouvrage, utilisateurs…,
- ✓ Approuvée par un organisme reconnu à activité normative,
- ✓ Destinée à une application ou un usage répété,
- ✓ Un langage commun et une référence commune.

UNE NORME CODIFIE L'ETAT DE LA TECHNIQUE

En règle générale elle est d'APPLICATION VOLONTAIRE

LES NORMES

LES GRANDES FAMILLES DE NORMES

On distingue 3 niveaux de normes :

- ✓ Les NORMES FRANÇAISES (ou NF)

  Documents produits par l'AFNOR

  (Association Française de NORmalisation)

LES NORMES

LES GRANDES FAMILLES DE NORMES

✓ Les NORMES EUROPÉENNES (EN)

Documents produits par le Comité Européen de Normalisation (CEN) et élaborés par des comités techniques (TC).

Les normes européennes approuvées par le CEN sont obligatoirement adoptées comme normes nationales par tous les pays membres (18 pays de l'Union Européenne) donc homologuées comme norme française par l'AFNOR.

Lorsqu'une norme est adoptée, elle induit le retrait de toute norme nationale contradictoire.

LES NORMES

LES GRANDES FAMILLES DE NORMES

✓ Les NORMES INTERNATIONALES

Normes mises au point au sein de l'Organisation Internationale de normalisation (ISO), elles ne sont pas systématiquement transposées en normes Françaises.

ex : ISO 9000 – Management de la qualité

ISO 14000 – Management environnemental

LES NORMES

LES DIFFERENTS TYPES DE NORMES

On distingue :

- ✓ Les NORMES DE MATERIAUX et DE PRODUITS qui définissent en particulier les caractéristiques des composants,
- ✓ Les NORMES D'ESSAIS qui fixent les méthodologies à respecter pour mesurer les caractéristiques des produits,
- ✓ Les NORMES DE CONCEPTION, DE CALCUL et DE DIMENSIONNEMENT,
- ✓ Les NORMES DE MISE EN ŒUVRE et D'EXECUTION,
- ✓ Les NORMES D'ORGANISATION.

LES NORMES

NORME EUROPEENE ET NORME NATIONALE

NORME EUROPÉENNE

=

PARTIE HARMONISEE + PARTIE VOLONTAIRE + ANNEXE NATIONALE :

Autorisation de mise sur le Marché

Référentiel du Marquage CE

NORME FRANCAISE

Nota : La transposition d'une norme européenne en norme Française et donc la mise en application du marquage CE fait l'objet d'un arrêté ministériel publié au journal officiel (l'arrêté fixe la date à partir de laquelle le marquage CE devient obligatoire et la période transitoire-période nécessaire pour la mise en conformité et l'écoulement des stocks).

LA DIRECTIVE SUR LES PRODUITS DE CONSTRUCTION

- L'OBJECTIF DE LA DPC EST :

  - ✓ D'éliminer les barrières et les entraves techniques à la libre circulation des produits de construction en Europe,
  - ✓ D'assurer la transparence des marchés,
  - ✓ De créer les conditions d'une harmonisation des règles applicables au secteur de la construction,
  - ✓ D'assurer la sécurité des utilisateurs par le respect d'exigences essentielles sur les ouvrages,
  - ✓ Et donc DE FAVORISER LA LIBRE CIRCULATION DES PRODUITS DE CONSTRUCTION AU SEIN DE LA COMMUNAUTE EUROPENNE ET DES PAYS DE L'AELE.

LA DIRECTIVE SUR LES PRODUITS DE CONSTRUCTION

LA DPC EST FONDEE SUR DES EXIGENCES ESSENTIELLES AUXQUELLES DOIVENT RÉPONDRE DURABLEMENT LES OUVRAGES

Les produits de construction mis sur le marché doivent être conçus et avoir des niveaux de performances tels que les ouvrages dans lesquels ils sont incorporés satisfassent aux six exigences essentielles.

1 – La résistance mécanique et la stabilité,

2 – La sécurité en cas d'incendie,

3 – L'hygiène, la santé et l'environnement,

4 – La sécurité d'utilisation,

5 – La protection contre le bruit,

6 – L'économie d'énergie et l'isolation thermique.

La conformité aux exigences essentielles est attestée par l'apposition du MARQUAGE CE par le fabricant sur le produit.

MARQUAGE CE ET MARQUE NF

Le MARQUAGE CE est un marquage déclaratif obligatoire pour tout produit de bâtiment ou de génie civil mis sur le marché dans l'espace de l'Union Européenne.

- ✓ Il signifie que le produit peut être mis sur le marché,
- ✓ Il permet au produit de circuler librement dans l'espace économique européen,
- ✓ Il atteste que le produit respecte les 6 exigences essentielles de la DPC,
- ✓ Il atteste la conformité du produit à la partie harmonisée de la norme européenne (selon les modalités définies dans l'annexe ZA) ou de l'ATE,
- ✓ Il constitue un engagement de l'industriel sur les caractéristiques harmonisées des produits et sur le respect des procédures d'évaluation de la conformité.

▪ L'industriel ou son mandataire (ou éventuellement l'importateur) a la responsabilité de son apposition sur le produit.

MARQUAGE CE ET MARQUE NF

Le marquage CE est subordonné à une procédure d'ATTESTATION DE CONFORMITE.

Le niveau d'attestation de conformité relève de la décision de la Commission Européenne.

- ✓ Niveau 1+ : Certification du produit,
- ✓ Niveau 1 : Certification du produit sans essai par échantillonnage,
- ✓ Niveau 2+ : Certification du contrôle de production,
- ✓ Niveau 2 : Inspection initiale du contrôle de production,
- ✓ Niveau 3 : Essais de type par tierce partie,
- ✓ Niveau 4 : Déclaration du fabricant.

Le contrôle sur le MARQUAGE CE varie en fonction du niveau d'attestation.

MARQUAGE CE ET MARQUE NF

MARQUE NF

- ✓ La marque NF est une démarche volontaire de certification qui s'adresse aux prescripteurs et utilisateurs,
- ✓ Elle signifie que le produit répond aux exigences essentielles et aux qualités d'usage. Elle certifie que les performances des produits sont conformes aux compléments nationaux d'application des normes européennes,
- ✓ Elle garantit, sous la responsabilité du certificateur et après audits, essais et inspections, que le produit respecte les valeurs seuils d'aptitude à l'emploi définies dans les textes de référence et que les exigences ont été contrôlées par un organisme tiers et qu'elles sont effectivement respectées de façon continue par le fabricant.

La marque NF apporte l'assurance :

- ✓ De produits conformes à la norme européenne (parties harmonisée + volontaire) et aux exigences de référentiel de certification,
- ✓ De la cohérence du niveau de performances certifiées avec les règles de l'art.

LES CLASSES D'EXPOSITION

Les nouveaux textes normatifs relatifs au béton prennent en compte la DURABILITE en s'appuyant sur la notion de CLASSE D'EXPOSITION.

Ils imposent au PRESCRIPTEUR de définir les ACTIONS DUES A L'ENVIRONNEMENT auxquelles le béton de l'ouvrage ou de chaque PARTIE D'OUVRAGE va être exposé pendant la DUREE D'UTILISATION de la structure.

Ces actions dues à l'environnement sont regroupées en CLASSES D'EXPOSITION.

LES CLASSES D'EXPOSITION

- La norme NF EN 206-1 définit **SIX CLASSES D'EXPOSITION,** en fonction des ACTIONS dues à l'ENVIRONNEMENT (*) :

  - ✓ **XO :** AUCUN RISQUE de CORROSION NI D'ATTAQUE,
  - ✓ **XC :** CORROSION INDUITE PAR CARBONATATION,
  - ✓ **XD :** CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES, AYANT UNE ORIGINE AUTRE QUE MARINE,
  - ✓ **XS :** CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES PRESENTS DANS L'EAU DE MER,
  - ✓ **XF :** ATTAQUES GEL/DEGEL AVEC ou SANS AGENT DE DEVERGLAÇAGE,
  - ✓ **XA :** ATTAQUES CHIMIQUES.

(*) risques de corrosion et attaques

LES CLASSES D'EXPOSITION

COMBINAISON DES CLASSES D'EXPOSITION

Chaque béton d'une partie d'ouvrage peut être soumis pendant sa durée d'utilisation à PLUSIEURS ACTIONS ENVIRONNEMENTALES.

Il convient donc, pour chaque partie d'ouvrage de déterminer la COMBINAISON des CLASSES D'EXPOSITION pour prendre en compte avec précision l'ensemble des actions environnementales auxquelles est soumis le béton.

Le béton doit respecter toutes les valeurs limites applicables pour la composition et les propriétés du béton pour chaque classe d'exposition et donc la SELECTION DES PLUS SEVERES EXIGENCES ET SPECIFICATIONS.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

NORMES CIMENTS

NORMES GRANULATS

NORMES ADDITIONS

NORMES ADJUVANTS

EAU DE GACHAGE

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME NF EN 197-1 définit :

- ✓ 27 ciments courants,
- ✓ Les spécifications des ciments courants et de leurs constituants,
- ✓ Les exigences de composition des ciments (proportion des différents constituants),
- ✓ Les exigences mécaniques (6 classes de résistance), physiques et chimiques des ciments,
- ✓ Les critères de conformité.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME NF EN 197-1: CIMENTS COURANTS

LES CINQ PRINCIPAUX TYPES DE CIMENTS COURANTS

✓ CEM I	CIMENT PORTLAND	: 1
✓ CEM II	CIMENT PORTLAND COMPOSE	: 19
✓ CEM III	CIMENT DE HAUT FOURNEAU	: 3
✓ CEM IV	CIMENT POUZZOLANIQUE	: 2
✓ CEM V	CIMENT COMPOSE	: 2

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME NF EN 197-1: CIMENTS COURANTS

COMPOSITIONS DES CIMENTS

TYPES DE CIMENT	CLINKER K %	AUTRES CONSTITUANTS PRINCIPAUX S/D/P/Q/V/W/T/L/LL %	CONSTITUANTS SECONDAIRES %
CEM I CIMENT PORTLAND	95 à 100	0	0 à 5
CEM II CIMENT PORTLAND COMPOSE	65 à 94	6 à 35 S/D/P/Q/V/W/T/L/LL	0 à 5
CEM III CIMENT DE HAUT FOURNEAU	5 à 64	LAITIER : 36 à 95	0 à 5
CEM IV CIMENT POUZZOLANIQUE	45 à 89	D/P/Q/V/W : 11 à 55	0 à 5
CEM V CIMENT COMPOSE	20 à 64	26 à 80 S/P/Q/V	0 à 5

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME NF EN 197-1: CIMENTS COURANTS

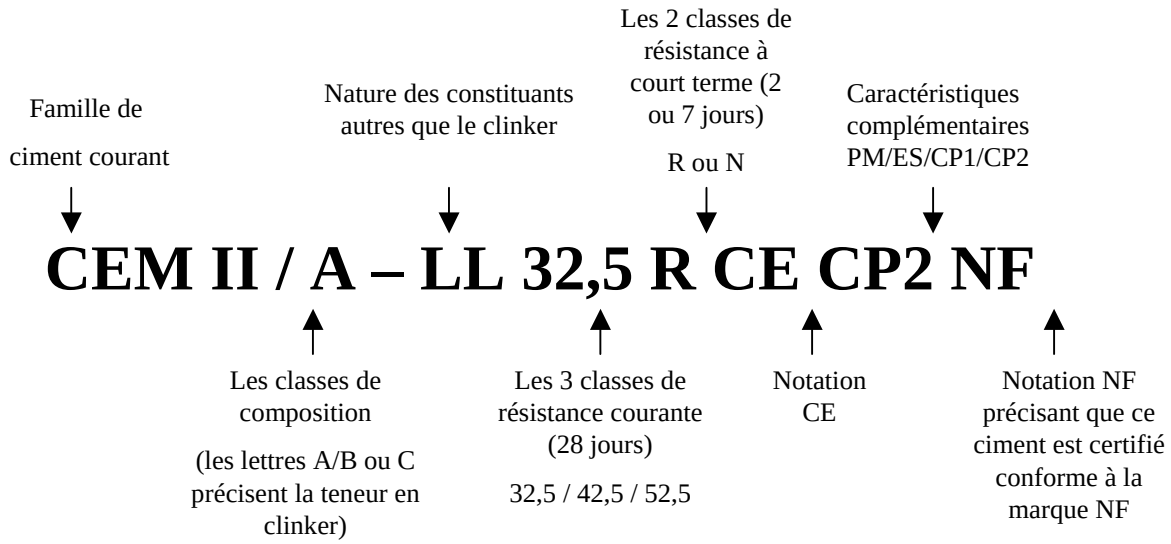
LES CLASSES DE RÉSISTANCE

Classe de résistance	Résistance à la compression MPa			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	2 jours	7 jours	28 jours	
32,5 N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R	≥ 10,0	-		
42,5 N	≥ 10,0	-	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5 R	≥ 20,0	-		
52,5 N	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-
52,5 R	≥ 30,0	-		

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME NF EN 197-1: CIMENTS COURANTS

LA DÉSIGNATION D'UN CIMENT COURANT CE + NF



L/LL (CALCAIRE) – S (LAITIER DE HAUT FOURNEAU) – D (FUMEES DE SILICE) – V (CENDRES SILICEUSES) – W (CENDRES CALCIQUES) – Z (POUZZOLANES) – T (SCHISTES CALCINES)

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

L'AMENDEMENT A1 A LA NORME NF EN 197-1

Cet amendement concerne la chaleur d'hydratation des ciments :

- ✓ **CHALEUR D'HYDRATATION**

  Quantité de chaleur développée par l'hydratation d'un ciment en un temps donné.

- ✓ **CIMENTS A FAIBLE CHALEUR D'HYDRATATION**

  Ciment courant caractérisé par une chaleur d'hydratation limitée.

  La chaleur d'hydratation des ciments courants à faible chaleur d'hydratation ne doit pas dépasser la valeur caractéristique de 270 J/g, déterminée selon l'EN 196-8 après 7 jours ou selon l'EN 196-9 après 41 h.

  Les ciments courants à faible chaleur d'hydratation sont désignés par les lettres LH.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LE MARQUAGE CE DES CIMENTS

- ✓ Les ciments courants doivent être marqués CE. Ce marquage obligatoire atteste de leur conformité à la norme harmonisée EN 197-1 et permet à ces ciments de circuler librement au sein de l'espace économique européen,

- ✓ Le marquage CE exprime que le produit satisfait aux règlementations en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement (exigences essentielles de la Directive des Produits de Construction) et qu'en conséquence il est règlementairement apte à l'usage,

- ✓ Les ciments courants ont été les premiers produits de construction normalisés à bénéficier du marquage CE.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA MARQUE NF CIMENT

Les ciments bénéficient de la MARQUE NF :

- ✓ Cette MARQUE FRANCAISE DE QUALITE NF n'est pas obligatoire, c'est une démarche volontaire du fabricant,

- ✓ Elle atteste que les ciments offrent des garantie complémentaires sur leur composition, leurs performances et leurs contrôles,

- ✓ Le droit d'usage de la marque est donné après certification de la conformité à la norme, sur la base d'un référentiel plus contraignant (que le marquage CE) en terme d'exigences et de contrôles.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LES AUTRES NORMES CIMENTS

Pour certaines classes d'expositions ou certains ouvrages particuliers, des exigences relatives aux caractéristiques des ciments peuvent être requises.

Les ciments possédant ces caractéristiques font l'objet de normes spécifiques :

✓ Ciments pour travaux a la mer	NF P 15-317
✓ Ciments a teneur en sulfure limitée pour béton précontraint	NF P 15-318
✓ Ciments pour travaux en eaux a haute teneur en sulfates	XP P 15-319
✓ Ciment prompt naturel	NF P 15-314
✓ Ciment alumineux fondu	NF P 15-315
✓ Ciments de haut fourneau et a faible résistance a court terme	NF EN 197-4

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME NF EN 934-2 : ADJUVANTS POUR BETON, MORTIER ET COULIS

3 GRANDES CATEGORIES D'ADJUVANTS

- **ADJUVANTS MODIFIANT L'OUVRABILITE DU BETON**
  - ✓ Plastifiant / Réducteur d'eau,
  - ✓ Superplastifiant / Haut réducteur d'eau.
- **ADJUVANTS MODIFIANT LA PRISE ET LE DURCISSEMENT**
  - ✓ Accélérateur de prise,
  - ✓ Accélérateur de durcissement,
  - ✓ Retardateur de prise.
- **ADJUVANTS MODIFIANT DES PROPRIETES PARTICULIERES**
  - ✓ Entraîneur d'air,
  - ✓ Hydrofuges de masse,
  - ✓ Rétenteur d'eau.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME NF EN 12620 : GRANULATS POUR BETON

- ✓ Cette norme spécifie les caractéristiques des granulats et des fillers élaborés à partir de matériaux naturels, artificiels au recyclés et des mélanges de ses granulas qui sont utilisés dans la fabrication du béton.

  Elle s'applique aux granulats dont la masse volumique réelle est supérieure à 2000kg/m3 pour tous bétons.

- ✓ Elle concerne en particulier les bétons conformes à la norme NF EN 206-1, les granulats entrant dans la composition des produits préfabriqués en béton et les bétons routiers.

- ✓ Elle spécifie les caractéristiques (physiques et chimiques) relatives à l'évaluation de la conformité des granulats et au système de maîtrise de la production.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME XP P 18-545

Cette norme a pour objet :

- ✓ De définir les termes relatifs aux granulats relevant de la Directive Produits de construction (DPC),
- ✓ De définir les règles générales permettant d'effectuer le contrôles des granulats,
- ✓ De préciser les spécifications mentionnées aux normes NF EN Produits auxquelles doivent répondre les granulats pour certains usages.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME XP P 18-545:GRANULATS

- **ARTICLE 10 : GRANULATS POUR BETONS HYDRAULIQUES**

La norme XP P 18-545 définit à l'aide de codification (A, B, C, D), les valeurs des spécifications adaptées à certains types d'ouvrages.

✓ **Bétons courants,**

Les granulats de code C et ceux dont deux caractéristiques au plus sont de code D conviennent.

✓ **Bétons de structure de génie civil ou de bâtiments de classe de résistance supérieure à C35/45**

Les granulats de code A conviennent. Certains caractéristiques peuvent être de code B.

✓ **Bétons soumis à des classes d'exposition particulières**

Les granulats de code B conviennent si l'absorption est de catégorie A.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LES NORMES ADDITIONS

Les ADDITIONS pour béton sont définies dans la norme NF EN 206-1 :

> matériau minéral finement divisé et pouvant être ajouté au béton pour améliorer certaines de ses propriétés, ou pour lui conférer des propriétés particulières.

Il existe deux types d'additions :

- ✓ Les additions quasiment inertes (type I),
- ✓ Les pouzzolanes ou les additions à caractère hydraulique latent (type II).

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LES NORMES ADDITIONS

Chaque NORME ADDITION définit leurs caractéristiques physiques et chimiques.

✓ **LES FILLERS :**

Les fillers sont des produits obtenus par broyage fin de roches naturelles.

Ils peuvent être : - d'origine siliceuse : NF P 18-509

- d'origine calcaire : NF P 18-508

✓ **LES FUMEES DE SILICE** : NF P 18-502 / PR EN 13263-1:

Les fumées de silice sont des particules très fines (environ 1 µm) présentant une très forte teneur en silice amorphe.

Elles proviennent de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans des fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium.

✓ **LES CENDRES VOLANTES** : NF EN 450 / NF P 18-050 :

Les cendres volantes sont des particules pulvérulentes obtenues par dépoussiérage électrostatique ou mécanique des gaz de chaudières alimentées au charbon pulvérisé.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LES NORMES ADDITIONS

✓ **LES LAITIERS VITRIFIÉS MOULUS DE HAUT FOURNEAU** : NF P 18-506

Le laitier vitrifié moulu provient du broyage du laitier vitrifié (granulé ou bouleté) coproduit de la fabrication de la fonte,

obtenu par trempe du laitier de haut fourneau en fusion.

LES PIGMENTS

Norme NF EN 12878

La coloration du béton dans la masse est obtenue avec des pigments, minéraux ou de synthèse. La combinaison des teintes avec les granulats et les ciments nécessite des essais préalables permettant de choisir le colorant approprié et son dosage (généralement compris entre 1 et 3 % du poids de ciment).

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

LA NORME NF EN 1008 : EAUX DE GACHAGE

Cette norme :

- ✓ Définit les prescriptions pour l'eau convenant à la production de béton,
- ✓ Décrit les méthodes permettant d'apprécier son aptitude à l'emploi,
- ✓ Définit les différents types d'eaux et leur aptitude à l'emploi.

LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES BETONS

NORMES SUR LES CONSTITUANTS

NORMES D'ESSAI SUR BÉTON FRAIS ET SUR BÉTON DURCI

BÉTON FRAIS

NORME NF EN 12350

- ✓ Partie 1 : échantillonnage,
- ✓ Partie 2 : essai d'affaissement,
- ✓ Partie 3 : essai vébé,
- ✓ Partie 4 : degré de compactibilité,
- ✓ Partie 5 : essai d'étalement à la table à chocs,
- ✓ Partie 6 : masse volumique,
- ✓ Partie 7 : teneur en air – méthode de compressibilité.

NORMES D'ESSAI SUR BÉTON FRAIS ET SUR BÉTON DURCI

BÉTON DURCI

NORME NF EN 12390

- ✓ Partie 1 : formation, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules,
- ✓ Partie 2 : confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance,
- ✓ Partie 3 : résistance à la compression des éprouvettes,
- ✓ Partie 4 : caractéristiques des machines d'essai,
- ✓ Partie 5 : résistance à la flexion des éprouvettes,
- ✓ Partie 6 : résistance en traction par fendage sur éprouvettes,
- ✓ Partie 7 : masse volumique du béton,
- ✓ Partie 8 : profondeur de pénétration d'eau sous pression.

NORMES D’ESSAI SUR BÉTON FRAIS ET SUR BÉTON DURCI

NORMES D’ESSAIS SUR BÉTON FRAIS ET BÉTON DURCI

NORMES SUR LES CONSTITUANTS

LES EUROCODES

- Les EUROCODES sont des NORMES EUROPÉENNES de CONCEPTION et de CALCUL pour les BÂTIMENTS et les OUVRAGES de GÉNIE CIVIL.

- Elles forment un ensemble cohérent et homogène de textes :

  - Faisant appel à une approche unique, semi-probabiliste avec des méthodes de dimensionnement selon les ETATS LIMITES (ELS et ELU),
  - Appliqués aux DIFFERENTS MATERIAUX et aux DIVERS TYPES DE CONSTRUCTIONS.

Elles sont destinées à harmoniser les règles dimensionnement au sein des différents états de la communauté européenne et à contribuer à la création du marché unique de la construction.

LES EUROCODES

- Les Eurocodes sont des documents de référence reconnus par les autorités des pays membres comme :

  - ✓ Moyen de prouver la conformité des ouvrages aux exigences essentielles de la Directive sur les Produits de Construction (DPC)(en particulier : stabilité et résistance mécanique et sécurité en cas d'incendie),

  - ✓ Base pour établir les spécifications des contrats de construction d'ouvrage et d'ingénierie,

  - ✓ Cadre pour élaborer les spécifications techniques harmonisées des produits de construction.

- Les Eurocodes fournissent une série de méthodes et de règles techniques communes pour calculer la résistance mécanique des éléments ayant une fonction structurelle dans un ouvrage de construction.

LES EUROCODES

LES EUROCODES SONT UN ENSEMBLE DE RÈGLES TECHNIQUES

- GÉNÉRALES pour des ouvrages en :

  - BÉTON
  - BOIS
  - ACIER
  - MAÇONNERIE
  - MIXTE
  - ALUMINIUM

- SPÉCIFIQUES suivant le type d'ouvrage :

  - PONTS
  - SILOS, RÉSERVOIRS…

Selon 2 principes fondamentaux :

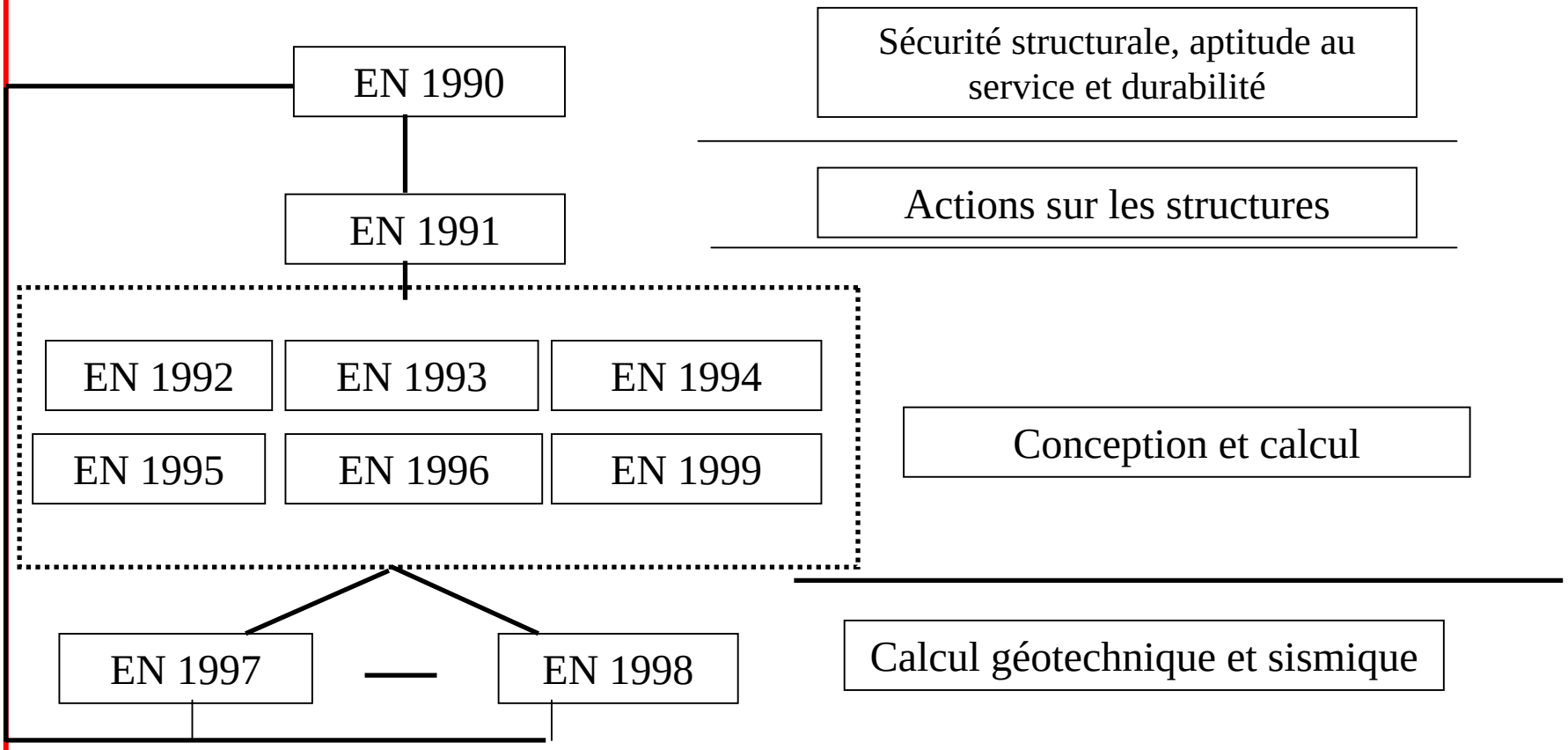
DURABILITE ET ROBUSTESSE DES CONSTRUCTIONS

LES EUROCODES

LA COLLECTION DES EUROCODES

- L'ensemble des Eurocodes est constitué de 10 documents :
  - ✓ EN 1990 Eurocode 0 : Bases de calcul des structures,
  - ✓ EN 1991 Eurocode 1 : Actions sur les structures,
  - ✓ EN 1992 Eurocode 2 : Calcul des structures en béton,
  - ✓ EN 1993 Eurocode 3 : Calcul des structures en acier,
  - ✓ EN 1994 Eurocode 4 : Calcul des structures mixtes acier-béton,
  - ✓ EN 1995 Eurocode 5 : Calcul des structures en bois,
  - ✓ EN 1996 Eurocode 6 : Calcul des structures en maçonnerie,
  - ✓ EN 1997 Eurocode 7 : Calcul géotechnique,
  - ✓ EN 1998 Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes,
  - ✓ EN 1999 Eurocode 9 : Calcul des structures en alliages d'aluminium.
- Les 10 Eurocodes constituent un ensemble de 58 normes.

LES EUROCODES



LIENS ENTRE LES EUROCODES

LES EUROCODES

DUREE D'UTILISATION DE PROJET

Catégorie de durée d'utilisation de projet	Durée indicative d'utilisation de projet (années)	Exemples
1	10	Structures provisoires
2	25	Eléments structuraux remplaçables
3	25	Structures agricoles et similaires
4	50	Bâtiments et autres structures courantes
5	100	Bâtiments monumentaux Ponts et autres ouvrages de génie civil

NF EN 1990 TABLEAU 2.1

LES EUROCODES

EXIGENCES DE DURABILITÉ

Les exigences de durabilité doivent être prises en compte dans :

- ✓ Les conditions d'environnement,
- ✓ La conception de la structure,
- ✓ Le choix du système structural,
- ✓ Le choix des matériaux,
- ✓ Les dispositions constructives,
- ✓ L'exécution,
- ✓ La maîtrise de la qualité,
- ✓ Les inspections,
- ✓ La maintenance.

LES EUROCODES

L'EUROCODE 2 comprend quatre normes permettant de concevoir et dimensionner les structures en béton :

- ✓ NF EN 1992-1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments,
- ✓ NF EN 1992-1-2 : Règles générales –Calcul du comportement au feu,
- ✓ NF EN 1992-2 : Ponts – Calcul et dispositions constructives,
- ✓ NF EN 1992-3 : Silos et réservoirs.

RESISTANCE MECANIQUE / DURABILITE / RESISTANCE AU FEU

LES EUROCODES

LES EVOLUTIONS DE L'EUROCODE 2

- 1 SEUL TEXTE POUR LE BETON ARME ET LE BETON PRECONTRAINT,
- PAS DE MODIFICATION DE LA METHODOLOGIE GENERALE DE CALCUL,
- UN CERTAIN NOMBRE DE METHODES DE CALCUL NOUVELLES,
- PLUS GRANDE LIBERTE DE CONCEPTION.

LES EUROCODES

PHILOSOPHIE DE L'ENROBAGE SELON L'EUROCODE 2

Les recommandations de l'EUROCODE 2 en matière d'enrobage sont NOVATRICES. Elles visent, en conformité avec la norme NF EN 206-1, À OPTIMISER de manière pertinente LA DURABILITÉ DES OUVRAGES.

La détermination de la VALEUR DE L'ENROBAGE doit prendre en compte :

- ✓ La CLASSE D'EXPOSITION dans laquelle se trouve l'ouvrage (ou la partie d'ouvrage),
- ✓ La DURÉE D'UTILISATION DE PROJET,
- ✓ La CLASSE DE RÉSISTANCE du béton,
- ✓ Le type de systèmes de CONTRÔLES QUALITÉ mis en œuvre pour assurer la régularité des performances du béton,
- ✓ La NATURE DES ARMATURES (acier au carbone, inox),
- ✓ La MAÎTRISE DU POSITIONNEMENT DES ARMATURES.

LES EUROCODES

OPTIMISATION DE L'ENROBAGE

La VALEUR DE L'ENROBAGE PEUT ainsi être OPTIMISÉE en particulier :

- ✓ Si l'on choisit un béton présentant une classe de RÉSISTANCE À LA COMPRESSION SUPÉRIEURE à la classe de référence (définie par la classe d'exposition),

- ✓ S'il existe un système de CONTRÔLE DE RÉGULARITÉ DES PERFORMANCES DU BÉTON et de MAÎTRISE DU POSITIONNEMENT DES ARMATURES,

- ✓ Si l'on utilise des ARMATURES INOX.

L'EUROCODE 2 permet aussi de dimensionner l'ouvrage pour une DURÉE D'UTILISATION SUPÉRIEURE en augmentant la valeur de l'enrobage.

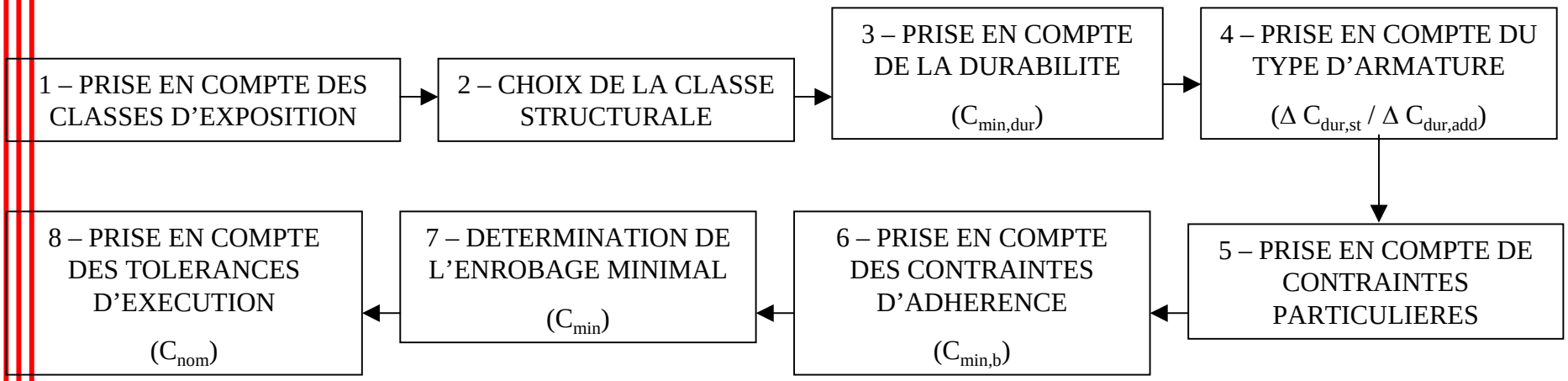
L'OPTIMISATION DES PERFORMANCES DU BÉTON ET DE L'ENROBAGE DES ARMATURES CONSTITUE UN FACTEUR DE PROGRÈS ESSENTIEL POUR GARANTIR LA DURABILITÉ DES OUVRAGES.

LES EUROCODES

PROCESSUS DE DETERMINATION DE L'ENROBAGE NOMINAL SUIVANT L'EUROCODE 2

Enrobages minimal et nominal définis dans l'EUROCODE 2 (article 4412)

$$C_{min} = \max [C_{min,\ b} ; C_{min,\ dur} + \Delta C_{dur,\ y} - \mathbf{\Delta C_{dur,\ st}} - \Delta C_{dur,\ add} ; 10\ mm] \text{ et } C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$



LES EUROCODES

ENROBAGE MINIMAL

Valeurs de $C_{min,dur}$ requis vis-à-vis de la durabilité pour les armatures de Béton armé

$C_{min,dur}$ mm	CLASSE D'EXPOSITION						
Classe liée à la structure	***X0***	***XC1***	***XC2 XC3***	***XC4***	***XD1 XD2***	***XD3 XS2***	***XD3 XS3***
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Les valeurs de $C_{min,dur}$ recommandées pour une durée d'utilisation du projet

de 50 ans (bâtiments) correspondent à la classe S4 ;

de 100 ans (ouvrages d'art) correspondent à la classe S6.

LES EUROCODES

MODULATION DE LA CLASSE STRUCTURALE

Critère	CLASSE D'EXPOSITION						
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1 XS1 XA2	XD2 XS2 XA2	XD3 XS3 XA3
Durée d'utilisation de projet de 100 ans	Majoration de 2 points						
Classe de résistance minimale	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50	C45/55
	Si résistance supérieure minoration de 1 point						
Maîtrise particulière de la qualité de production du béton	Minoration de 1 point						

LES EUROCODES

NORMES DE DIMENSIONNEMENT

EUROCODES

NORMES D'ESSAIS SUR BÉTON FRAIS ET BÉTON DURCI

NORMES SUR LES CONSTITUANTS

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

DURABILITÉ DES BÉTONS DURCIS SOUMIS AU GEL

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE :

GUIDE LCPC 2004

« RECOMMANDATIONS POUR LA DURABILITÉ DES BÉTONS DURCIS SOUMIS AU GEL »

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

DURABILITE DES BETONS DURCIS SOUMIS AU GEL

Principe de la Démarche préventive

1. En fonction de **l'Intensité de Salage** et de **l'Intensité de Gel,** déterminer le **type de béton**.
2. Vérifier que la formulation de béton prévue est satisfaisante.

   - Spécifications sur les constituants granulats: ciment , additions
   - Spécifications sur les bétons :

     Rc < 50 MPa / Rc > 50 MPa

Nota : La sévérité potentielle des dégradations dépend du nombre de cycles de gel-dégel, de la durée du gel (maintien prolongé du béton à de basses températures), de la température minimale atteinte et de la vitesse de chute de la température

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

DURABILITE DES BETONS DURCIS SOUMIS AU GEL

NIVEAUX DE GEL

• GEL FAIBLE : moins de 3 jours/an avec une température <- 5°C	• Gel faible ou modéré	XF1 (sans agent de déverglaçage) XF2 (avec agent de déverglaçage)
• GEL SÉVÈRE : plus de 10 jours/an avec une température <- 10°C	• Gel sévère	XF3 (sans agent de déverglaçage) XF4 (avec agent de déverglaçage)
• GEL MODÉRÉ : dans les autres cas		

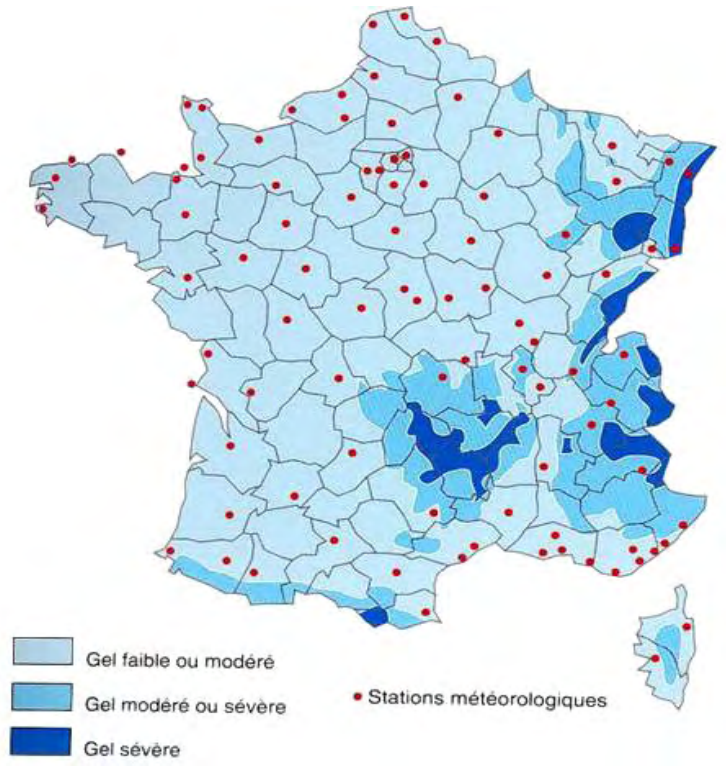
FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

DURABILITE DES BETONS DURCIS SOUMIS AU GEL

NIVEAUX DE GEL

Carte de gel

- Gel faible ou modéré
- Gel modéré ou sévère
- Gel sévère



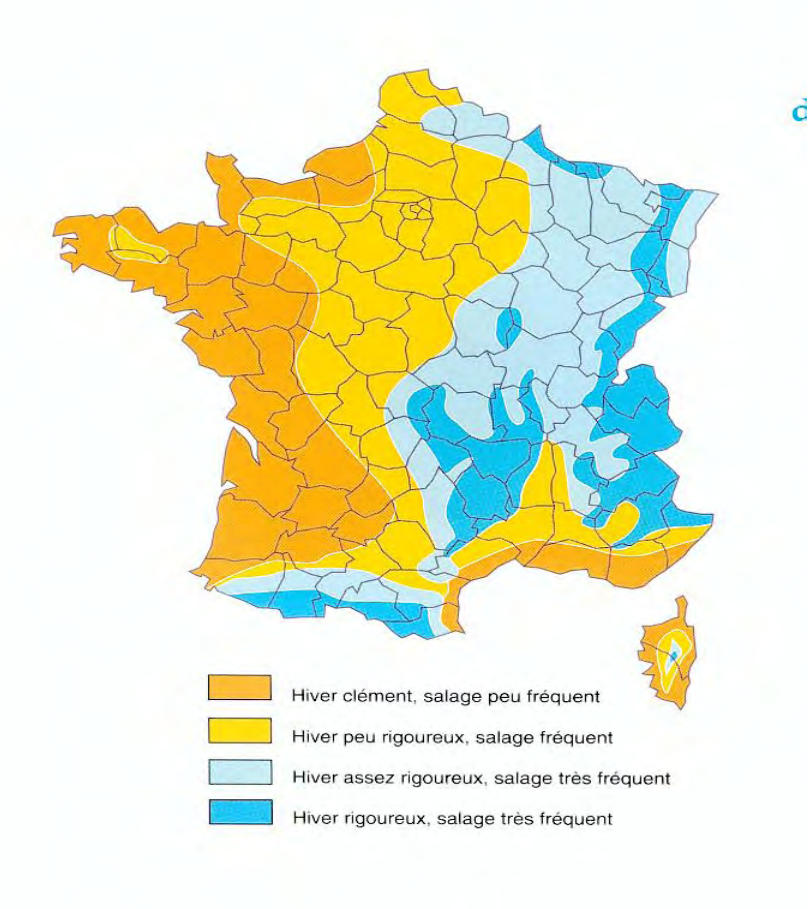
FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

DURABILITE DES BETONS DURCIS SOUMIS AU GEL

NIVEAUX DE SALAGE

Carte de salage

- H1 : salage peu fréquent
- H2 : salage fréquent
- H3 et H4 : salage très fréquent



FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

DURABILITE DES BETONS DURCIS SOUMIS AU GEL

4 TYPES DE BETON : FONCTION DU TYPE DE SALAGE ET DU TYPE DE GEL

Choix du type de bétons		Type de gel	
		Modéré	Sévère
Type de salage	Peu fréquent	Béton adapté (1)	Béton G
	Fréquent	Béton adapté avec (1) teneur en air minimale = 4 % ou essais de performance	Béton G + S
	Très fréquent	Béton G + S	Béton G + S

Nota : (1) BÉTON ADAPTE : béton conforme à la norme NF EN 206-1 et possédant une bonne compacité. Seuls les bétons correspondants aux cases vertes font l'objet de prescriptions particulières.

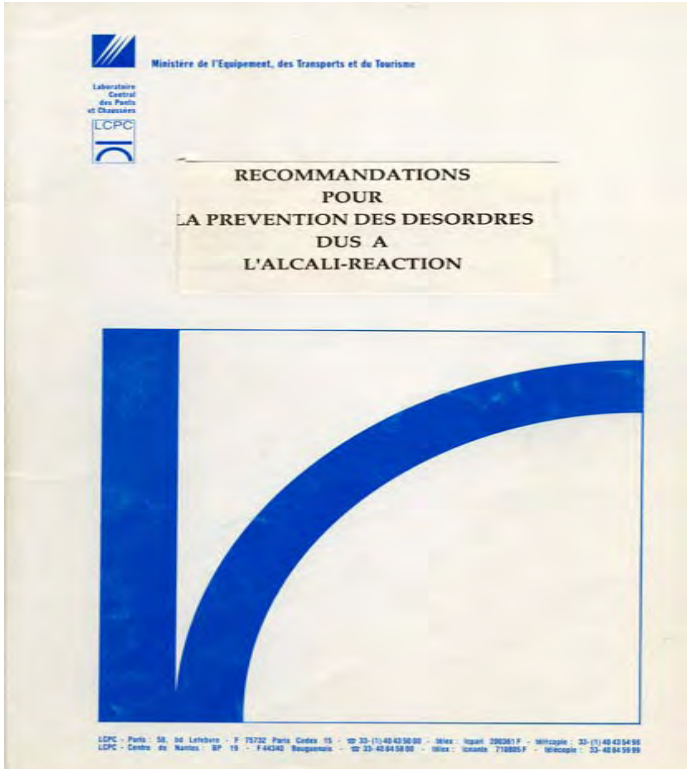
FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A L'ALCALI - REACTION

DOCUMENT DE REFERENCE

GUIDE LCPC – 1994

« RECOMMANDATIONS POUR LA PREVENTION DES DESORDRES DUS A L'ALCALI-REACTION »



FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A L'ALCALI - REACTION

DETERMINATION DU NIVEAU DE PREVENTION

TYPES D'OUVRAGES	CLASSES D'EXPOSITION
Type I ***Risque d'apparition des désordres faibles ou acceptables*** - éléments non porteurs	**Classe 1** : environnement sec ou peu humide (hygrométrie inférieure à 80 %) **Classe 2** : environnement avec hygrométrie supérieure à 80 % ou en contact avec l'eau **Classe 3** : environnement avec hygrométrie supérieure à 80 % et avec gel et fondants **Classe 4** : environnement marin
Type II ***Risques d'apparition des désordres peu tolérables*** - la plupart des ouvrages de génie civil	
Type III ***Risques d'apparition des désordres inacceptables*** - Ponts ou ouvrages exceptionnels	

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A L'ALCALI-REACTION

NIVEAU DE PREVENTION : 3 niveaux de préventions A, B, C

Classe d'exposition / Type d'ouvrage	1	2	3	4
I	A	A	A	A
II	A	B	B	B
III	C	C	C	C

Nota : le choix du niveau de prévention est du ressort du PRESCRIPTEUR (art. 5.2.3.4 NF EN 206-1)

RECOMMANDATIONS :

Niveau A : pas de spécifications particulières

Niveau B : six possibilités d'acceptation de la formule béton

Niveau C : granulats non réactifs (granulats PRP sous condition, granulats PR avec étude)

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A L'ALCALI-REACTION

Vérification de la formule de béton

Niveau A : pas de spécification particulière

Niveau B : La formule de béton doit satisfaire UNE des conditions suivantes:

1. **Tous les Granulats NR (Ch4 des recommandations)**
2. **Bilan des alcalins < 3,5 kg/m^3 (Ch5)**
3. **Essai de performance sur béton (NF P 18-454) (Ch6)**
4. **Références d'emploi (Ch7)**
5. **Additions minérales inhibitrices en proportions suffisantes (Ch8)**
6. **Conditions particulières aux granulats PRP (Ch9)**

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A L'ALCALI-REACTION

Vérification de la formule de béton

Niveau C :

1. **Tous les Granulats NR**
2. **Granulats PRP si conditions particulières respectées (Ch9)**
3. **Granulats PR si étude approfondie de la formule (Ch6)**

FASCICULE DE DOCUMENTATION

LE FASCICULE DE DOCUMENTATION FD P 18-011 « Définition et classification des environnements chimiquement agressifs : Recommandations par la formulation des bétons » :

- ✓ Définit les environnements chimiquement agressifs pour les bétons armés et précontraints,

  milieux liquides/ milieux gazeux/ milieux solides

- ✓ Décrit les modes d'actions des environnements chimiquement agressifs,

  eaux pures/ solutions acides/ solutions basiques/ solutions salines

  eaux de mer…

- ✓ Définit les classes d'agressivité chimiques : XA1 / XA2 / XA3,
- ✓ Fournit des recommandations pour le choix des ciments, des additions et pour la formulation et la fabrication des bétons.

Il est complémentaire de la norme NF EN 206-1

FASCICULE DE DOCUMENTATION

- EXEMPLE DE RECOMMANDATIONS POUR LE CHOIX DU CIMENT

- MILIEU CONTENANT DES SULFATES (SOLS)

CLASSE D'EXPOSITION	CHOIX DU CIMENT
XA1	Pas de recommandations particulières
XA2	Ciment conforme à la norme NF P 15-317 (PM) ou NF P 15-319 (ES)
XA3	Ciment conforme à la norme NF P 15-319 (ES)

Autres Exemples :

- ✓ Milieu contenant du sulfates (solutions),
- ✓ Milieu acide,
- ✓ Eaux pures.

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A LA REACTION SULFATIQUE INTERNE

DOCUMENT DE REFERENCE

GUIDE LCPC 2007

« RECOMMANDATIONS POUR LA PRÉVENTION DES DÉSORDRES DUS À LA RÉACTION SULFATIQUE INTERNE »

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A LA REACTION SULFATIQUE INTERNE

Le principe de la démarche préventive consiste à limiter l'échauffement du béton au cours des premières heures et jours après le bétonnage, pour les « PIECES CRITIQUES » :

- Identification des « parties d'ouvrage critiques »,

- Choix du NIVEAU DE PREVENTION en fonction :
  - ✓ De la CATEGORIE D'OUVRAGE (I, II, III),
  - ✓ De la CLASSE D'EXPOSITION (XH1/ XH2 / XH3).

- Mise en œuvre des précautions adaptées au niveau de prévention (As/ Bs/ Cs/ Ds).

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A LA REACTION SULFATIQUE INTERNE

CATEGORIE D'OUVRAGES

CATEGORIE D' OUVRAGE	NIVEAU DE CONSEQUENCES D'APPARITION DES DESORDRES	EXEMPLES D'OUVRAGE OU DE PARIE D'OUVRAGE
I	Faibles ou acceptables	- Ouvrage en béton de classe de résistance inférieure à C 16/20 - Eléments non porteur de bâtiment
II	Peu tolérables	- Eléments porteurs de la plupart des bâtiments et les ouvrages de Génie civil
III	Inacceptables ou quasi inacceptables	-Bâtiment réacteurs de centrales nucléaires -Barrages, tunnels -Ponts et viaducs exceptionnels

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTIONS DES DESORDRES DUS A LA REACTION SULFATIQUE INTERNE

CLASSE D'EXPOSITION SPECIFIQUE A LA RSI

CLASSE D'EXPOSITION	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	EXEMPLES INFORMATIFS
XH1	Sec ou humidité modérée	•Partie d'ouvrage en béton située à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible ou moyen •Partie d'ouvrage en béton située à l'extérieur et abritée de la pluie
XH2	•Alternance d'humidité et de séchage •Humidité élevée	•Partie d'ouvrage en béton située à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est élevé •Partie d'ouvrage en béton non protégée par un revêtement et soumis aux intempéries
XH3	•En contact avec l'eau •Immersion permanente •Stagnation d'eau à la surface •Zone de marnage	•Partie d'ouvrage en béton submergée en permanence dans l'eau •Eléments de structure marine •Partie d'ouvrage en béton régulièrement exposée à des projections d'eau

Nota : ces classes d'expositions sont complémentaires des 18 classes d'expositions de la norme NF EN 206-1

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTIONS DES DESORDRES DUS A LA REACTION SULFATIQUE INTERNE

NIVEAUX DE PREVENTION

CATEGORIE D'OUVRAGE	CLASSE D'EXPOSITION		
	XH1	XH2	XH3
I	As	As	As
II	As	Bs	Cs
II	As	Cs	Ds

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A LA REACTION SULFATIQUE INTERNE

PRECAUTION A APPLIQUER

Limitation de la température maximale susceptible d'être atteinte au cœur du béton.

NIVEAU DE PREVENTION	TEMPERATURE MAXIMALE DU BETON **T**max	TEMPERATURE LIMITE DU BETON $\mathbf{T}_{limite}$	CONDITIONS A RESPECTER SI TEMPERATURE COMPRISE ENTRE **T**max ET $\mathbf{T}_{limite}$
As	85°C	/	/
Bs	75°C	85°C	•Maîtrise du traitement thermique •Ou •Ciment adapté •Ou •Essai de performance
Cs	70°C	80°C	•Maîtrise du traitement thermique •Ou •Ciment adapté •Ou •Essai de performance
Ds	65°C	75°C	•Ciment adapté •validation de la formulation par un laboratoire indépendant expert en RSI

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A LA REACTION SULFATIQUE INTERNE

Le guide propose des dispositions pour limiter les risque potentiels de réaction sulfatique interne :

- Au niveau de la conception et du dimensionnement des ouvrages,
- Au niveau de la formulation,
- Lors de la fabrication et du transport du béton,
- Au cour de la mise en œuvre : il convient en particulier d'éviter le coulage des ouvrages en périodes de forte chaleur ou de mettre en œuvre tous les moyens nécessaires pour réduire la température du béton.

Ces dispositions doivent permettre:

- ✓ **D'éviter les contacts prolongés du béton avec l'eau,**
- ✓ **De limiter la température atteinte au cœur du béton.**

Nota : Le guide LCPC propose aussi une méthode de calcul permettant d'estimer la température atteinte au cœur du béton.

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

NORMES DE DIMENSIONNEMENT

EUROCODES

NORMES D'ESSAIS SUR BÉTON FRAIS ET BÉTON DURCI

NORMES SUR LES CONSTITUANTS

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

LES PRODUITS PREFABRIQUES EN BETON

DEUX TYPES DE NORMES

- Normes de produits structuraux

  Des normes qui se réfèrent à la NF EN 13369 « Règles communes pour les produits préfabriqués en béton ».

- Normes de produits non structuraux et les blocs

  Des normes (européennes harmonisées) qui contiennent en elles-mêmes toutes les spécifications nécessaires (normes autoportantes).

LES PRODUITS PREFABRIQUES EN BETON

Les principales normes NF EN qui contiennent en elles-mêmes toutes les spécifications nécessaires (1)

- Caniveaux hydrauliques NF EN 1433,
- Éléments pour clôtures NF EN 12839,
- Fosses septiques NF EN 12566-1,
- Produits de voirie NF EN 1338/39/40(2),
- Séparateurs de liquides légers NF EN 858-1,
- Séparateurs à graisse NF EN 1825-1,
- Traverses de chemin de fer NF EN 13230-1/5,
- Tuyaux, regards, boîtes NF EN 1916/17(2),
- Blocs en béton NF EN 771-3/4/5(2).

(1) Parues ou en cours
(2) Des compléments nationaux d'application existent

LES PRODUITS PREFABRIQUES EN BETON

Les principales normes NF EN qui se réfèrent aux Règles Communes (NF EN 13369)(1)

- Cadres sous chaussées prEN 14844,
- Candélabres en béton prEN 40-4,
- Dalles alvéolées NF EN 1168,
- Éléments de fondation prEN 14991,
- Éléments de mur et façade prEN 14992,
- Éléments linéaires de structure NF EN 13225,
- Éléments de planchers nervurés NF EN 13224,
- Éléments de ponts prEN 15050,
- Pieux de fondation NF EN 12794,
- Poutrelles et entrevous pour systèmes de planchers pr EN 15037-1/2,
- Prédalles pour systèmes de planchers NF EN 13747,
- Poteaux et mâts NF EN 12843.

(1) Non harmonisée

LES PRODUITS PREFABRIQUES EN BETON

NORMES DE DIMENSIONNEMENT

EUROCODES

NORMES PRODUITS PREFABRIQUES EN BETON

NORMES D'ESSAIS SUR BÉTON FRAIS ET BÉTON DURCI

NORMES SUR LES CONSTITUANTS

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

NORMES ET DOCUMENTS D'EXÉCUTION

TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL

- **Fascicule 65**

  Mis en conformité avec le nouveau contexte normatif.

- **Norme NF EN 13670-1**

  Elle couvre l'exécution des bétons coulés en place et la mise en place des produits préfabriqués en béton.

NORMES ET DOCUMENTS D'EXÉCUTION

TRAVAUX DE BÂTIMENT : Norme NF P 18-201 DTU 21

- EXÉCUTION DES OUVRAGES EN BÉTON

- CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES

  ✓ La norme NF P 18-201 définit les conditions d'exécution des ouvrages en béton et en béton armé justiciables des règles de conception et de calcul aux états-limites (EUROCODES) ou de celles de normes NF-DTU particulières y faisant référence. Elle fixe les contrôles techniques minimaux qui incombent à l'entreprise.

NORMES ET DOCUMENTS D'EXÉCUTION

NORMES DE DIMENSIONNEMENT

EUROCODES

NORMES D'ESSAIS SUR BÉTON FRAIS ET BÉTON DURCI

NORMES ET DOCUMENTS D'EXÉCUTION

NORMES PRODUITS PREFABRIQUES EN BETON

NORMES SUR LES CONSTITUANTS

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

LA NORME BÉTON : NF EN 206-1

NORMES DE DIMENSIONNEMENT

EUROCODES

NORMES D'ESSAIS SUR BÉTON FRAIS ET BÉTON DURCI

NORMES ET DOCUMENTS D'EXÉCUTION

NORMES PRODUITS PREFABRIQUES EN BETON

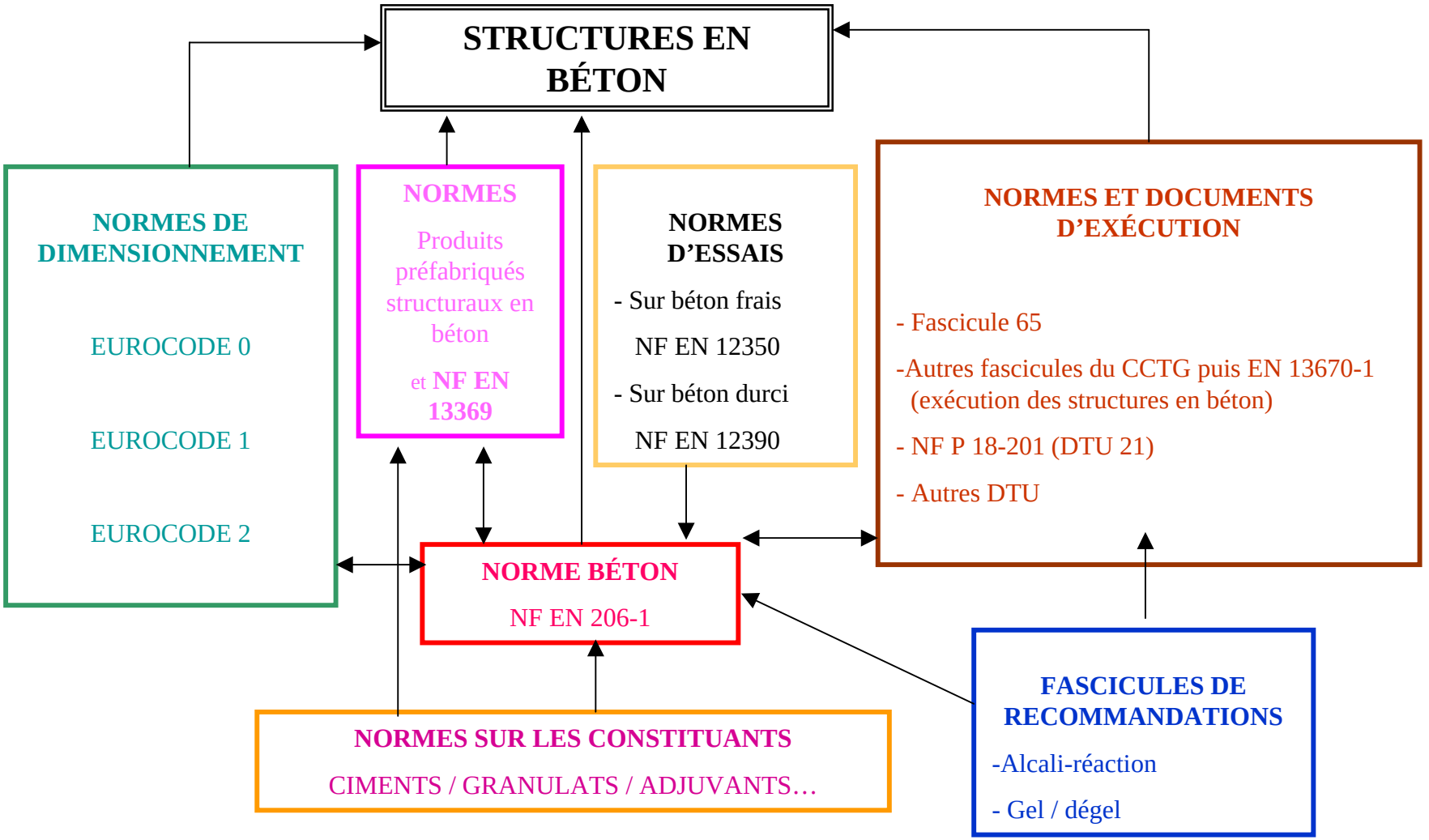
NORME BÉTON

NF EN 206-1

NORMES SUR LES CONSTITUANTS

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

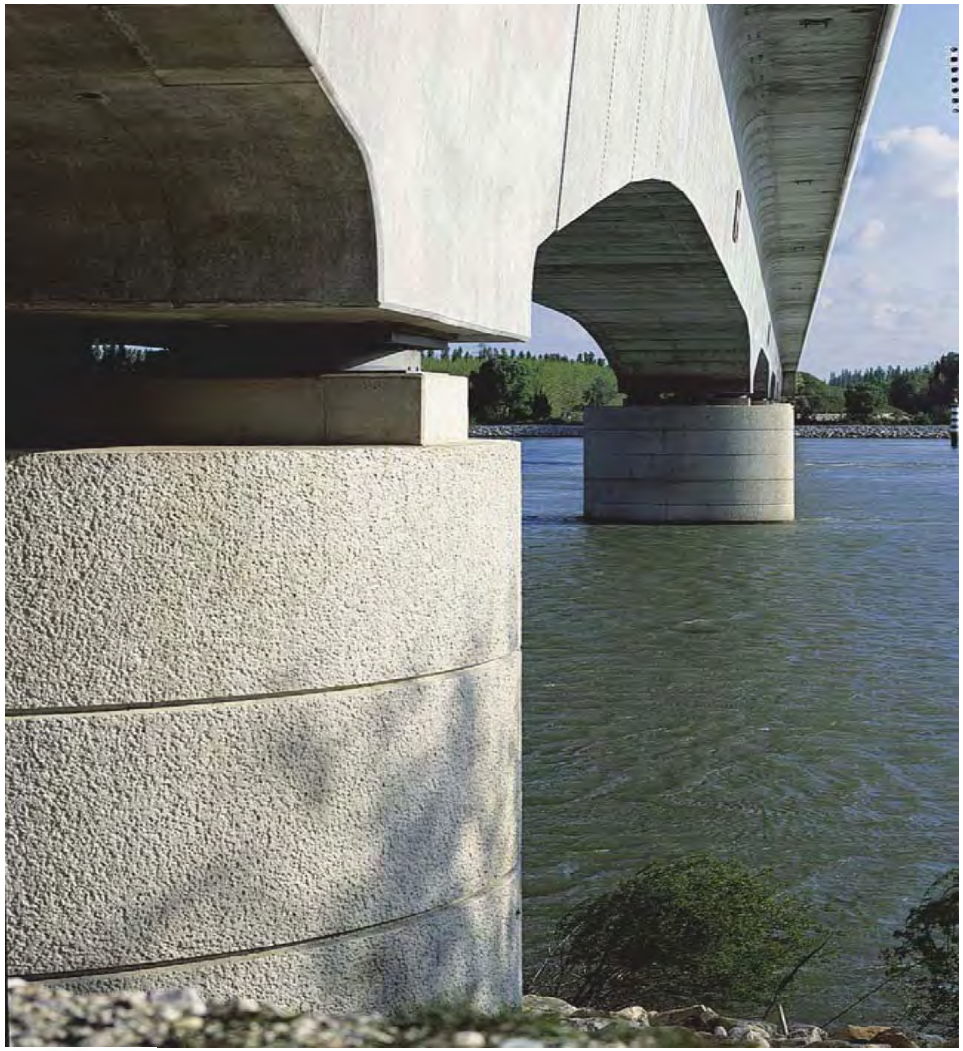
LA NORME BÉTON : NF EN 206-1



Syndicat National
du Béton Prêt à l'Emploi

CIMbéton
CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

La norme béton NF EN 206-1



Jacques GUINOISEAU

Délégué Régional SNBPE

Ouest Atlantique

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Centre d'Études Techniques Maritimes Et Fluviales

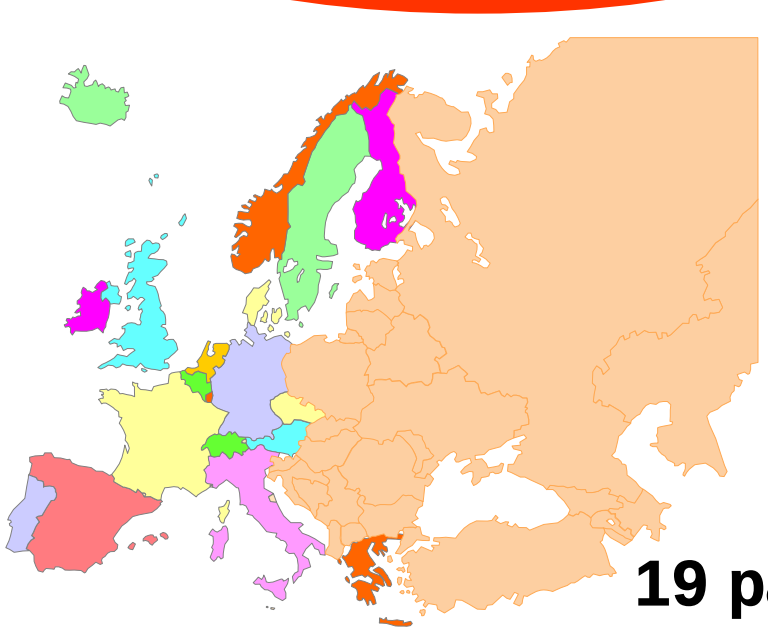
La norme NF EN 206-1
dans le contexte normatif
et réglementaire

HISTORIQUE

2002 → 2003

Norme Européenne EN 206-1

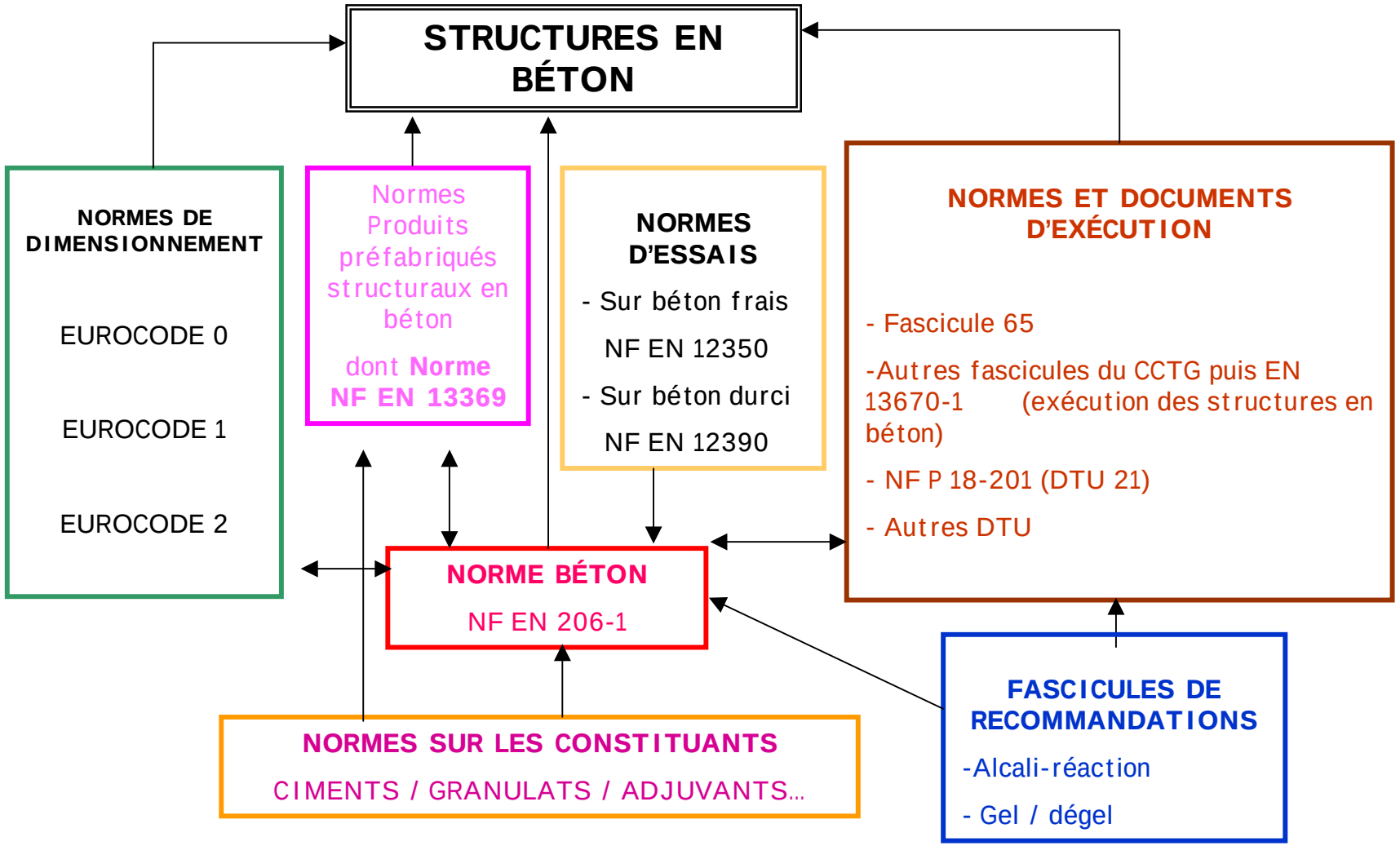
Annexe nationale



+

19 pays de l'Islande à la Grèce

HARMONISATION DES TEXTES



HARMONISATION DES TEXTES

NF EN 206-1 incontournable pour les bétons de structure coulés en place

Bâtiment

NF P 03-001 : marchés privés

DTU 21 : exécution des ouvrages en béton

DTU applications : dallages, fondations, ...

Génie civil

Décret de 1974

Fascicule 65

Livret SNCF

CCTG EDF

...

Désignations, spécifications et modalités de contrôle des bétons

BETONS NON COUVERTS

BETONS NON STRUCTURAUX

dont

Béton de remplissage
Béton de calage, propreté
Béton de tranchée
Béton très léger : Mv < 800 kg/m³
Béton poreux (caverneux)

Béton aéré
Béton mousse
Béton/Granulats non-minéraux
Béton réfractaire

Nota : mortiers et chapes sont couverts par d'autres normes européennes

LES PRODUITS NF EN 206-1

Béton à Propriétés Spécifiées

BPS
NF EN 206-1

Garantit la résistance/producteur

Béton à Composition Prescrite

BCP
étude

Composition

BCP
DTU 21

Dosage

(chantiers de classe A)

LES BPS

NF EN 206-1

Béton à Propriétés Spécifiées

- Classe de résistance en compression
- Classe d'exposition
- Classe de consistance
- Dimension maximale des granulats
- Dosage en ciment découlant de la classe d'exposition
- Classe de teneur en chlorures

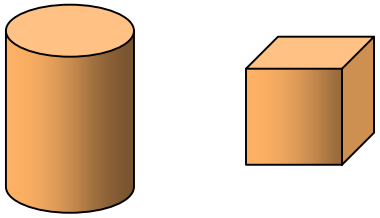
N O U V E A U

LES BPS

Classe de résistance en compression

BPS
NF EN 206-1

…, C30/37, …

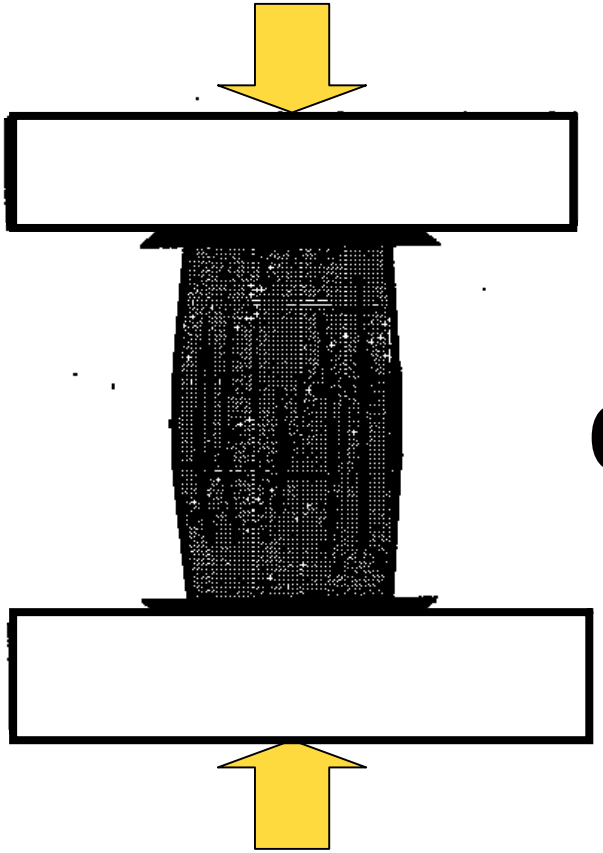


LES BPS

Classe de résistance

(béton normal ou béton lourd)

30 MPa



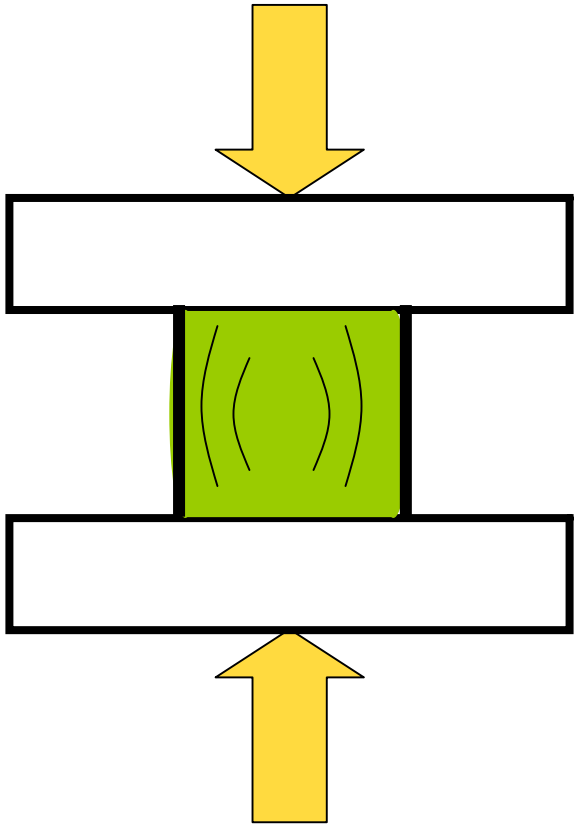
Cylindre

Valeur prise en compte dans

les calculs de dimensionnement

C30/37

37 MPa



Cube

LES BPS

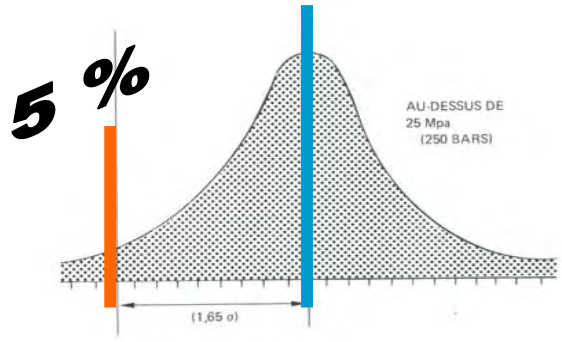
Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique minimale sur cylindre	Résistance caractéristique minimale sur cubes
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

LES BPS

Classe de résistance en compression

BPS
NF EN 206-1

• Augmentation de la résistance moyenne



Un seul fractile de 5% pour toutes les classes

• Fréquence de contrôle accrue : qualité renforcée

LES BPS

Classes d'exposition

- La norme définit **SIX CLASSES D'EXPOSITION,** en fonction des ACTIONS dues à l'ENVIRONNEMENT :

- **XO :** AUCUN RISQUE de CORROSION NI D'ATTAQUE
- **XC :** CORROSION INDUITE PAR CARBONATATION
- **XD :** CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES, AYANT UNE ORIGINE AUTRE QUE MARINE
- **XS :** CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES PRESENTS DANS L'EAU DE MER
- **XF :** ATTAQUE GEL/DEGEL AVEC ou SANS AGENT DE DEVERGLAÇAGE
- **XA :** ATTAQUES CHIMIQUES

LES BPS

Classes de consistance

BPS
NF EN 206-1

S1
S2
S3
S4
S5 (nouvelle classe)

Les classes d'affaissement au cône d'Abrams sont les suivantes :

	S1	S2	S3	S4	S5
Affaissement en mm	10-40	50-90	100-150	160-210	>220

LES BPS

Désignation normalisée du ciment

BPS
NF EN 206-1

Prise en compte dans la classe d'exposition

LES BPS

Classe de teneur en chlorures

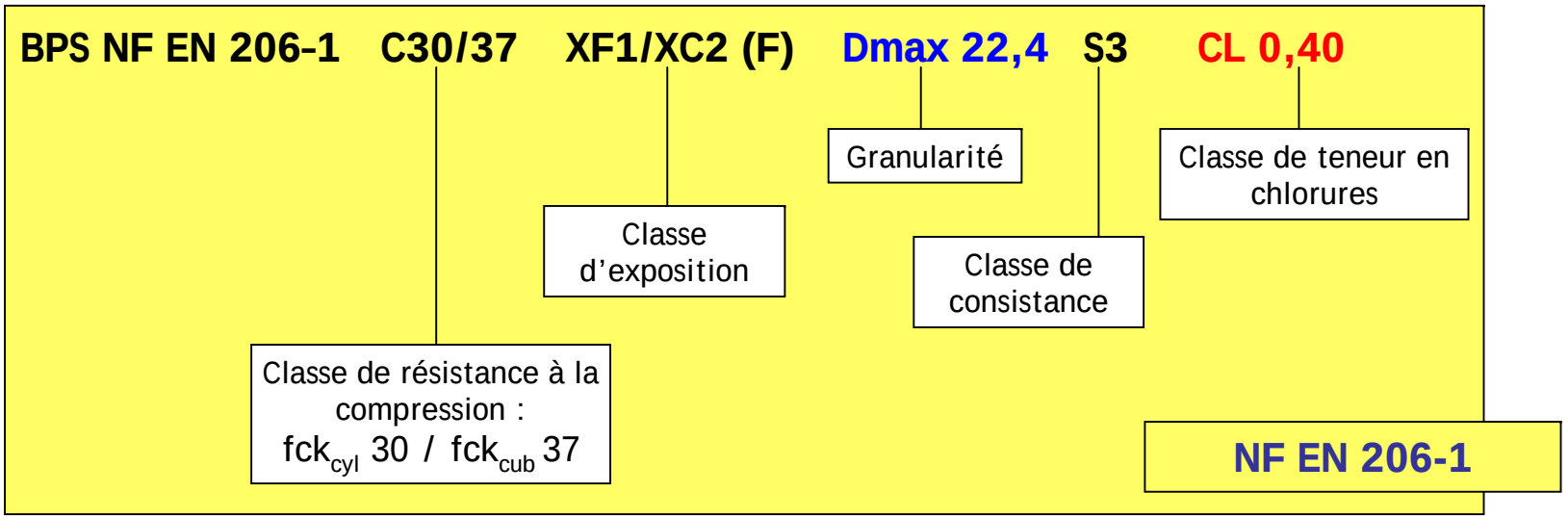
BPS
NF EN 206-1

N O U V E A U

CL 0,20
CL 0,40
CL 0,65
CL 1,00

Cl 0,40

DESIGNATION DU BPS



Les BPS sont les produits principalement commercialisés par le BPE

LES PRODUITS NF EN 206-1

Béton à Propriétés Spécifiées

BPS
NF EN 206-1

Garantit la résistance/producteur

Béton à Composition Prescrite

BCP
étude

Composition

BCP
DTU 21

Dosage

LES BCP

BCP
Bétons à Composition Prescrite
(remplacent les BCS)

Deux types de BCP

BCP résultant d'une « étude »

Composition détaillée établie par le client-prescripteur

BCP défini dans une « norme »

Dosage en ciment prédéfini

art. 4.5.3 du DTU 21

LES BCP

CAS DES BCP SUR ETUDE

Un BCP défini à partir d'une "Etude" "ne doit être **formulé « que par un prescripteur expérimenté disposant d'une réelle compétence dans la formulation du béton »** (Annexe nationale Tableau NA.2)

Le prescripteur-utilisateur doit s'assurer que la composition prescrite :

- respecte **les spécifications minimales de la classe d'exposition à laquelle est soumis l'ouvrage (Tableau NA.F.1)**
- permet d'atteindre **la résistance caractéristique** retenue pour le calcul de l'ouvrage

LES BCP

Cas d'un Béton à Composition Prescrite commandé au BPE

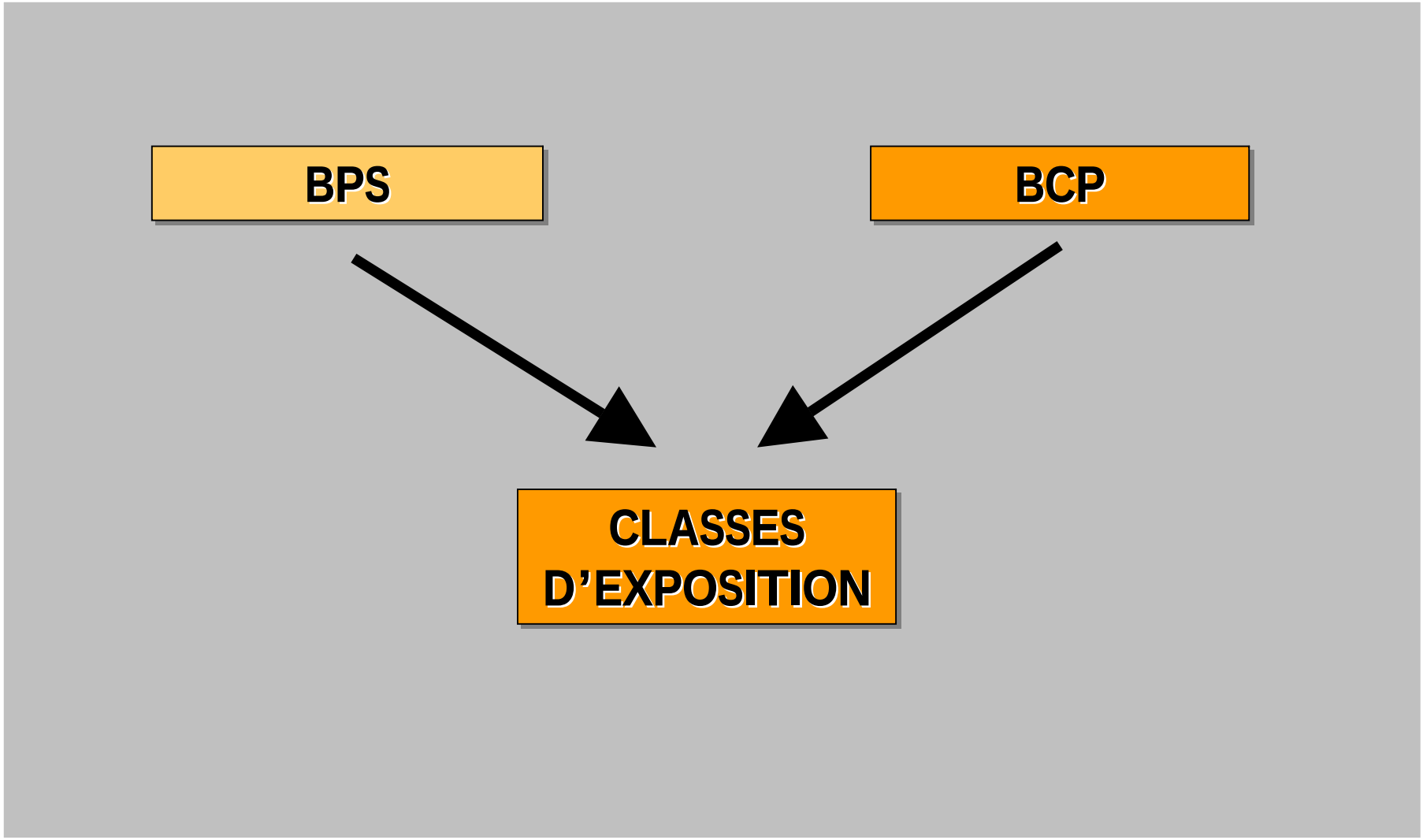
Client (prescripteur)

- Étude particulière
  ↓
- Composition détaillée
  ↓
- Contrôles de résistance définis par l'utilisateur

Producteur

- Garantie de respect de la composition donnée par l'utilisateur

LES CLASSES D'EXPOSITION

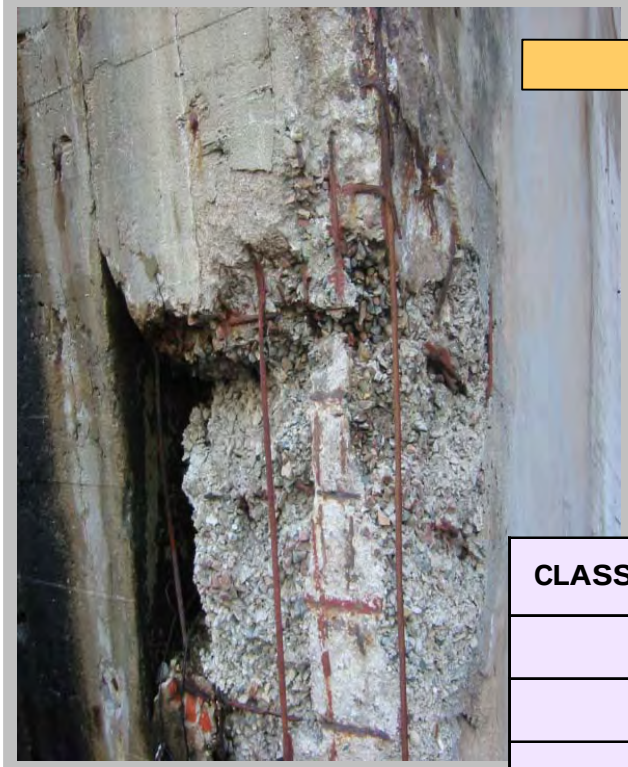


LES CLASSES D'EXPOSITION

Courantes	**X0**	**Béton non armé ne subissant aucune agression**
	XC	**Béton armé**
	XF	**Béton non protégé soumis à des cycles gel/ dégel**
Particulières	**XS**	**Corrosion induite par des chlorures présents dans l'eau de mer**
	XD	**Corrosion induite par des chlorures ayant une origine autre que marine**
	XA	**Attaques chimiques**

Choix de la classe d'exposition ⇨ Responsabilité du prescripteur

LES CLASSES D'EXPOSITION COURANTES



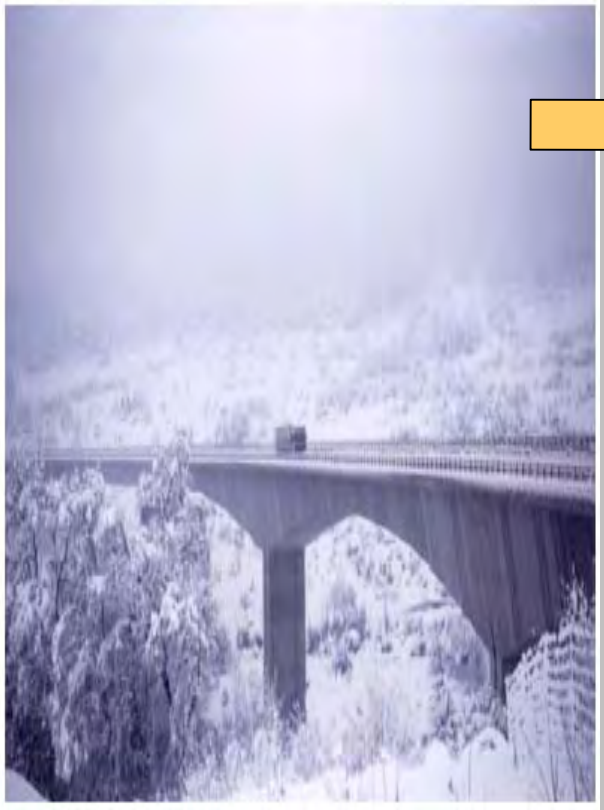
Risque de corrosion par carbonatation

XC

Béton armé ou précontraint

CLASSE D'EXPOSITION	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT
XC1	Sec ou Humide en permanence
XC2	Humide, rarement sec
XC3	Humidité modérée
XC4	Alternance d'humidité et de séchage

LES CLASSES D'EXPOSITION COURANTES



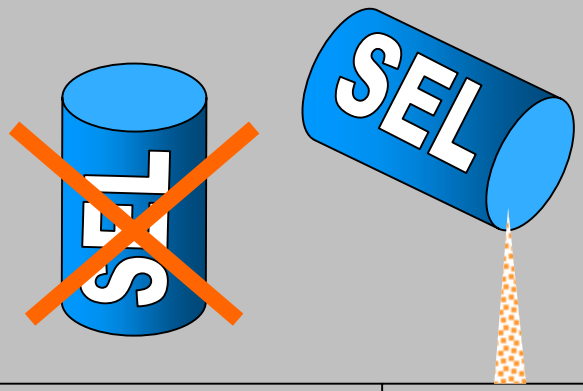
Risque de gel dégel

XF

Béton armé

ou précontraint

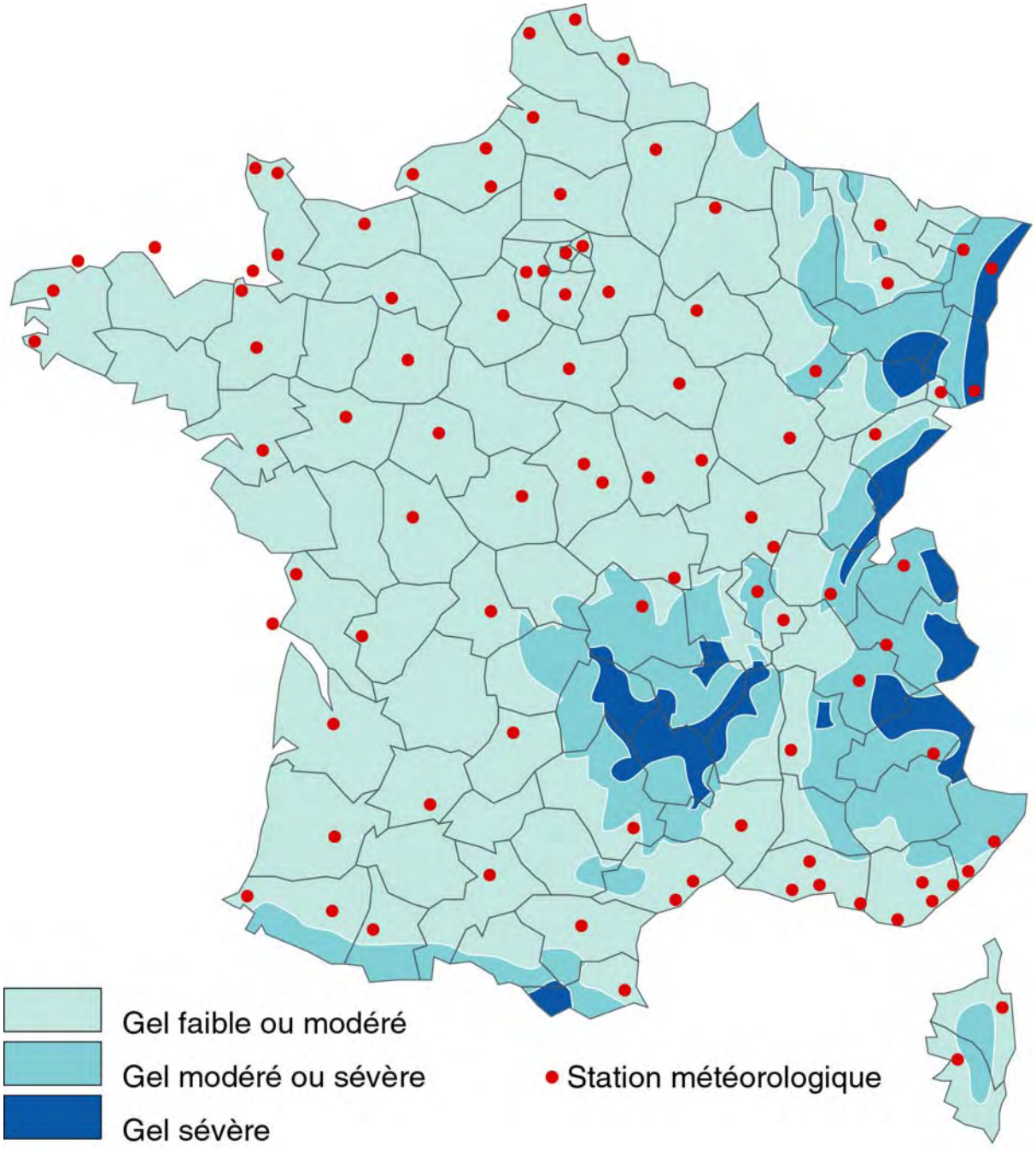
LES CLASSES D'EXPOSITION COURANTES

Gel		
Faible Modéré	XF1	XF2
Sévère	XF3	XF4

Lien état de saturation et recommandations

LES CLASSES D'EXPOSITION COURANTES

Carte des zones de gel



cf FD P 18-326

LES CLASSES D'EXPOSITION

Expositions courantes

	X0	XC1/XC2	XF1 XC3,XC4,XD1	XF2	XF3	XF4
E_{eff}/liant équivalent maxi	-	0,65	0,60	0,55	0,55	0,45
Résistance mini	-	C20/ 25	C25/ 30	C25/ 30	C30/ 37	C30/ 37
Liant éq. mini	150	260	280	300	315	340
Air mini	-	-	-	4	4	4
Additions maxi Ex: Cendres volantes	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Nature ciment	-	-	-	-	-	-

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES

Corrosions des armatures par les chlorures

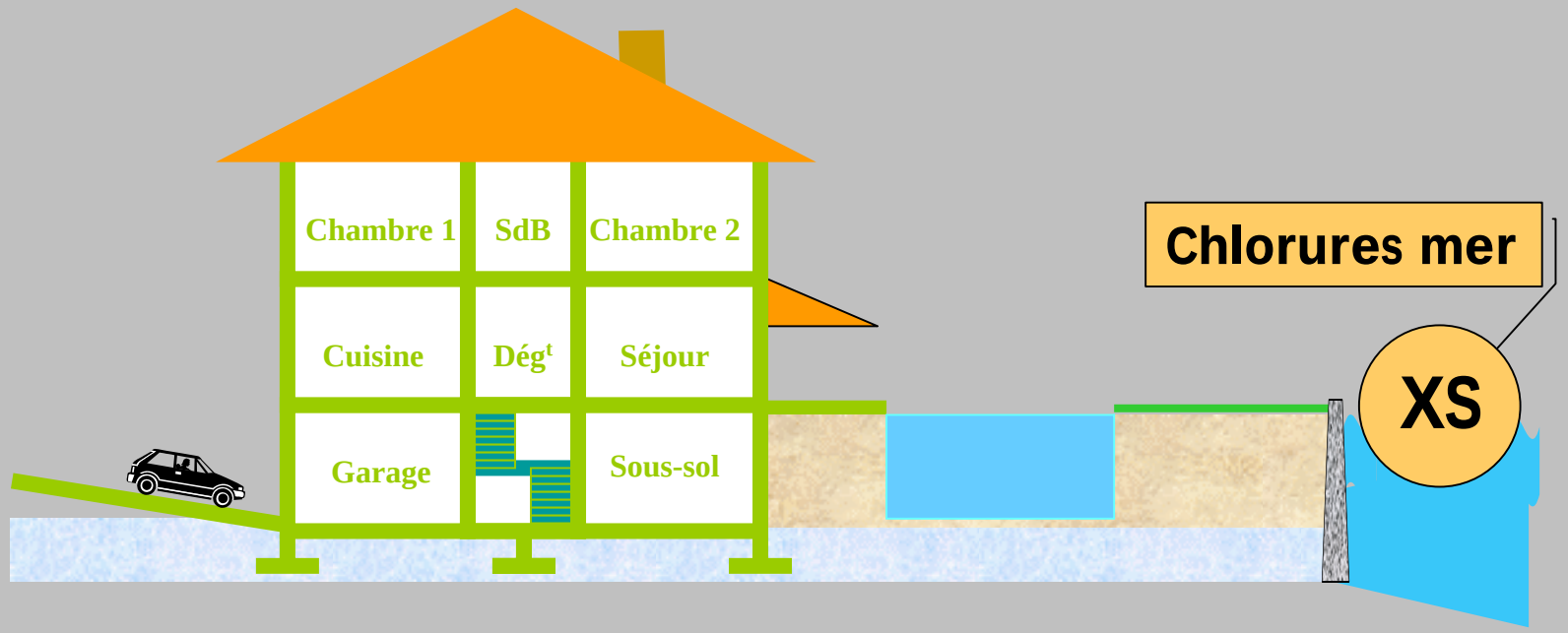
XD ou XS

Béton armé ou précontraint

CLASSE D'EXPOSITION	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT
XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin, mais pas en contact direct avec l'eau de mer
XS2	Immergé en permanence
XS3	Zones de marnage, zone soumises à des projections ou à des embruns
XD1	Humidité modérée
XD2	Humide, rarement sec
XD3	Alternance d'humidité et de séchage

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES

Chlorures marins



Choix de la classe d'exposition ➡ Responsabilité du client-prescripteur

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES

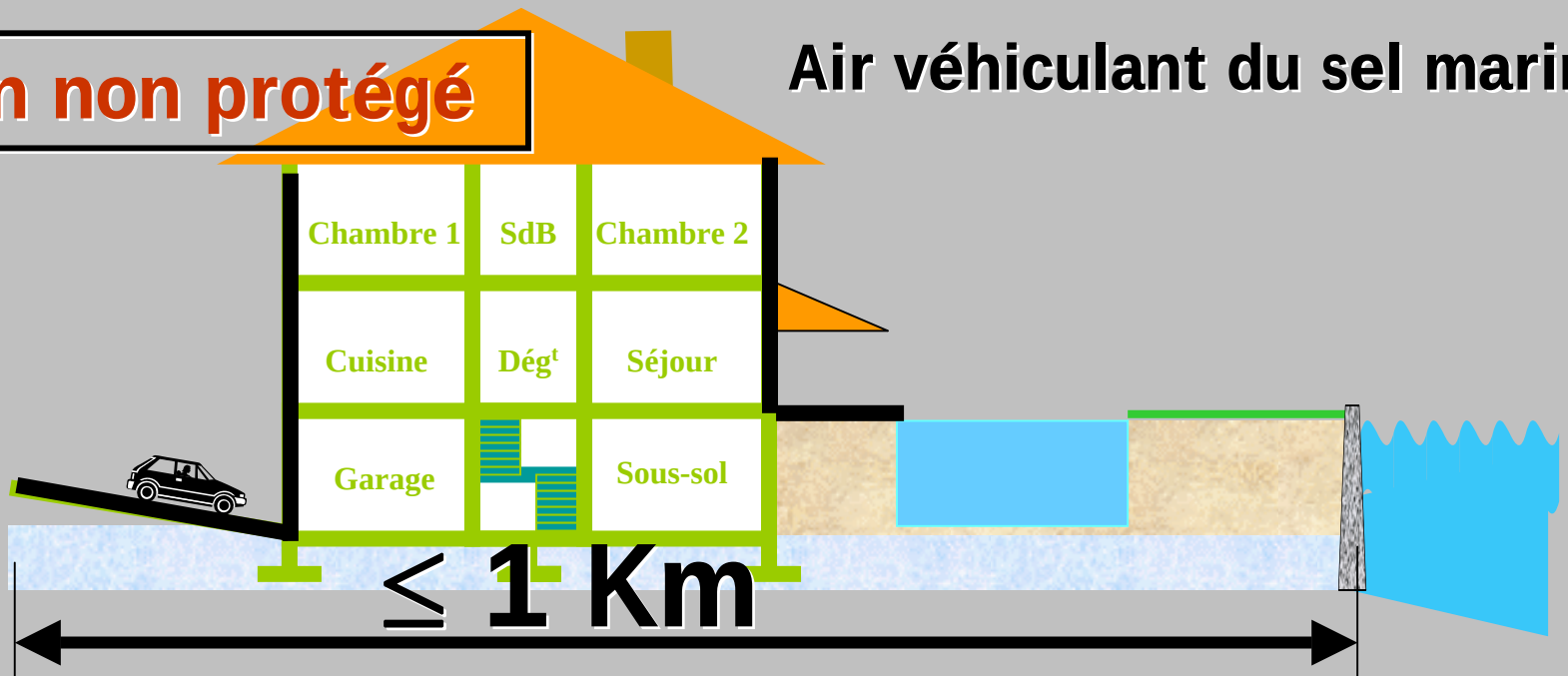
Chlorures marins

XS1(XS2)

pas de contact direct
avec l'eau de mer

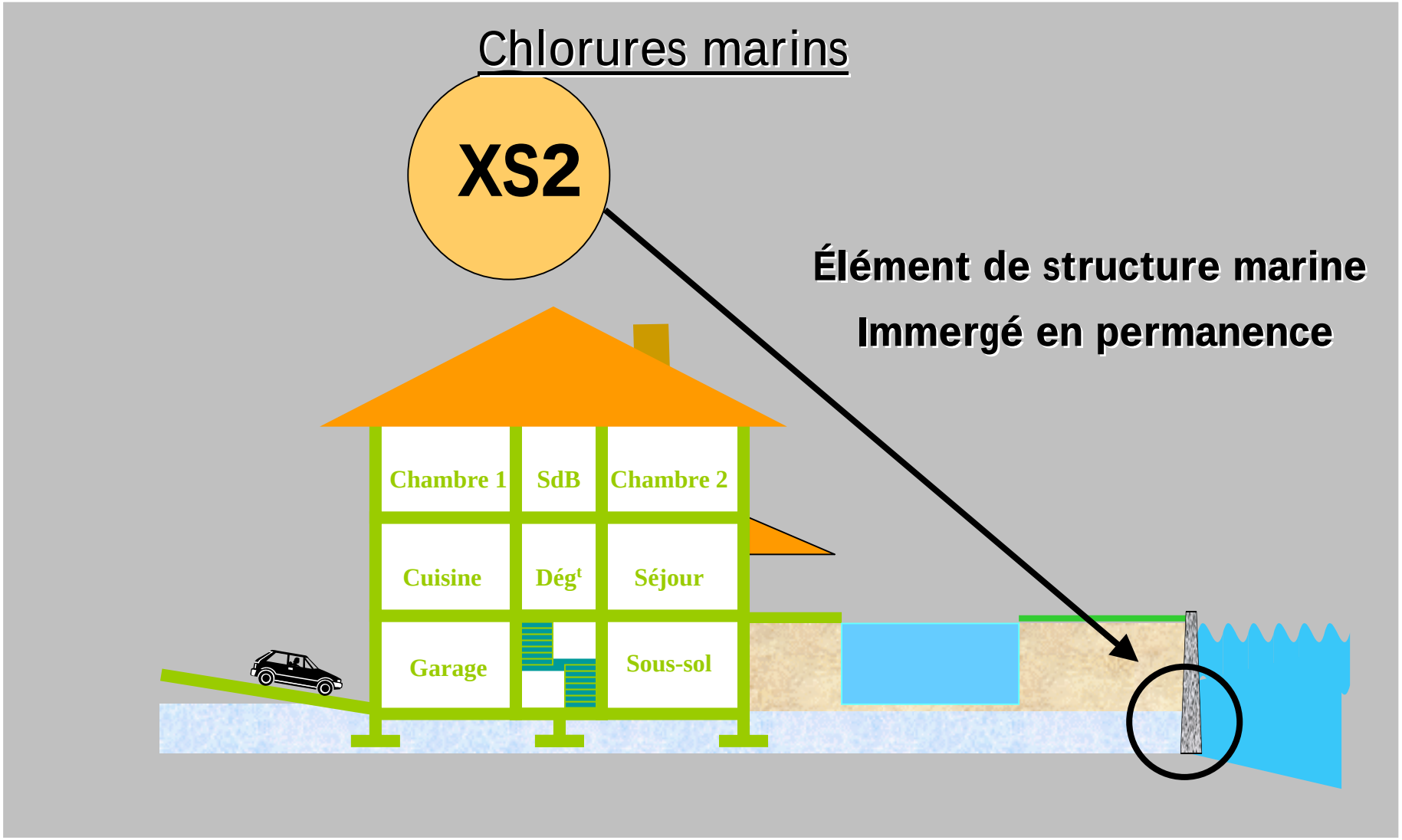
Air véhiculant du sel marin

Béton non protégé



Choix de la classe d'exposition ➡ Responsabilité du client-prescripteur

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES



Choix de la classe d'exposition ➡ Responsabilité du client-prescripteur

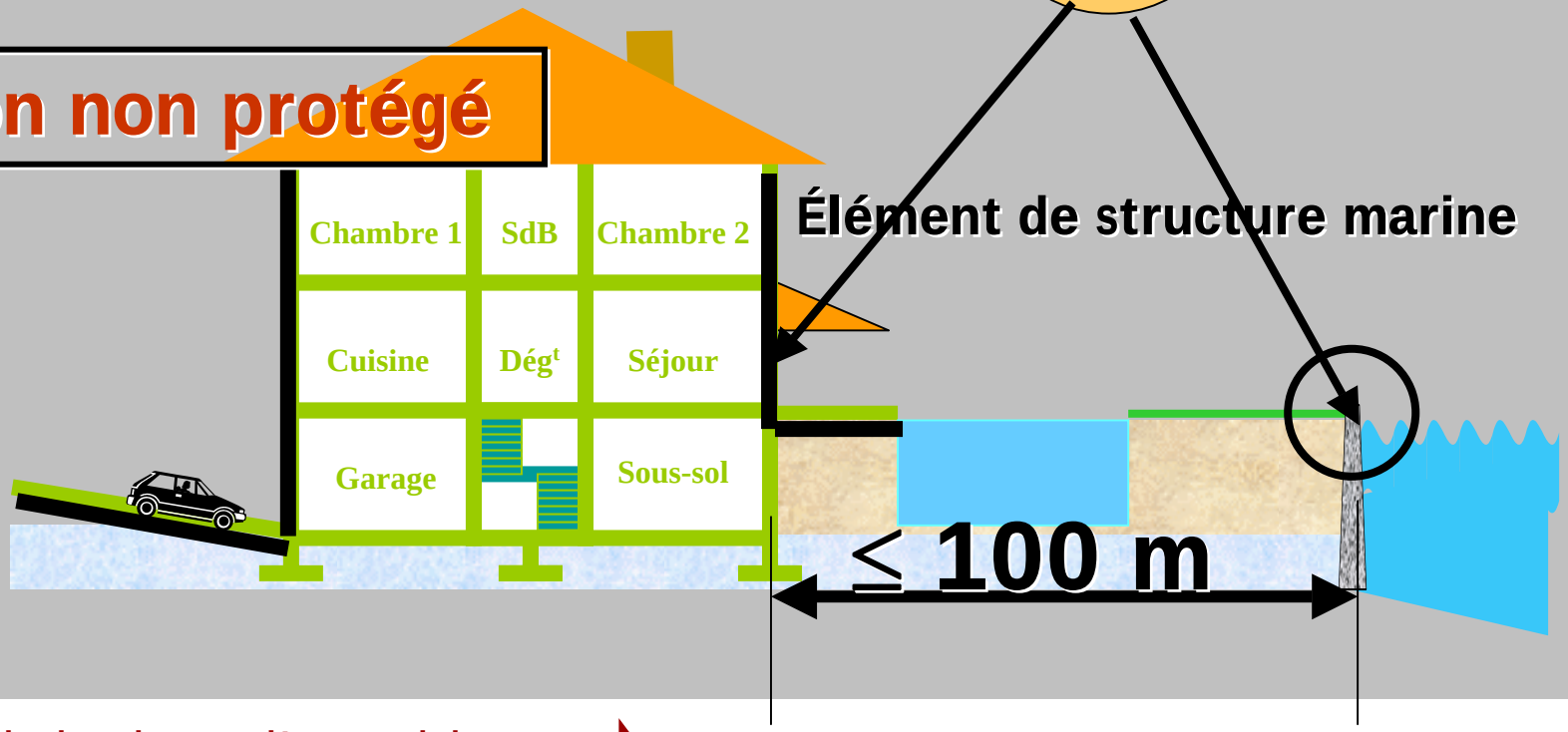
LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES

Chlorures marins

Zone de marnage,
Zones soumises à des projections ou à des embruns

XS3

Béton non protégé



Choix de la classe d'exposition ➡ Responsabilité du client-prescripteur

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES

Attaques chimiques

XA

Béton armé

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES

Valeurs limites pour les classes d'exposition aux attaques chimiques

Eaux de surface et souterraines :	XA1	XA2	XA3
Sulfate mg/l	>200 et <600	>600 et < 3000	>3000 et < 6000
pH	**<6.5 et >5.5**	**<5.5 et >4.5**	**<4.5 et >4.0**
Ammoniac mg/l	>15 et <30	>30 et < 60	>60 et < 100
Gaz carbonique mg/l	>15 et <40	>40 et < 100	> 100
Magnésium mg/l	>300 et <1000	>1000 et < 3000	>3000

Sol :

Sulfate mg/kg	>2000 et <3000	>3000 et < 12000	>12000 et < 24000
Acidité	>200	n'est pas rencontré dans la pratique	

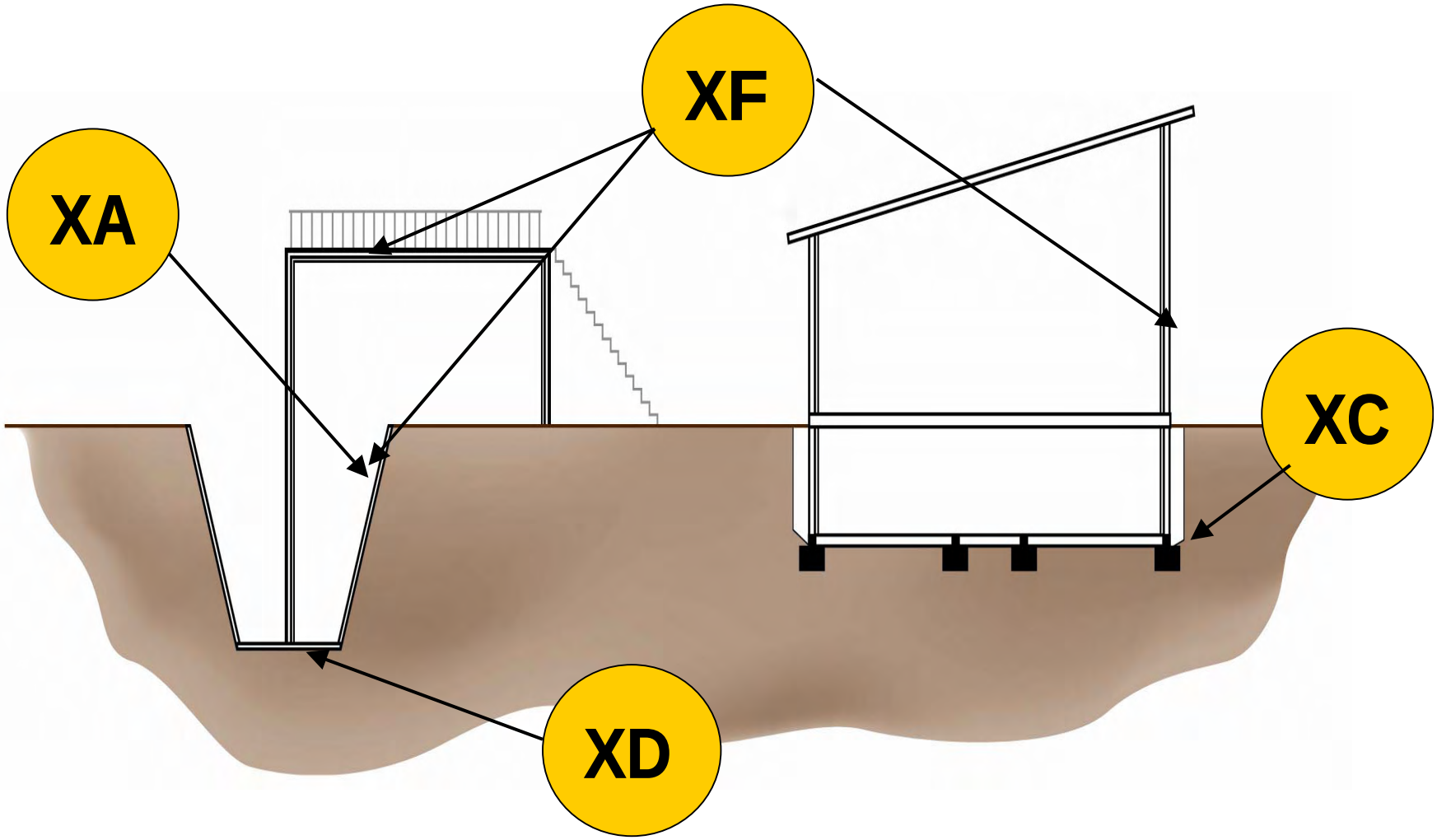
LES CLASSES D'EXPOSITION

Expositions particulières : attaques

	MARINS		CHLORES		CHIMIQUES		
	XS2/XS1	XS3	XD2	XD3	XA1	XA2	XA3
E_{eff}/liant équivalent maxi	0,55	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
Résistance mini	C30/ 37	C35/ 45	C30/ 37	C35/ 45	C30/ 37	C35/ 45	C40/ 50
Liant éq. mini	330	350	330	350	330	350	385
Air mini	-	-	-	-	-	-	-
Additions maxi Ex: Cendres volantes	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30	0,15	0,00
Nature ciment	PM	PM	-	-			

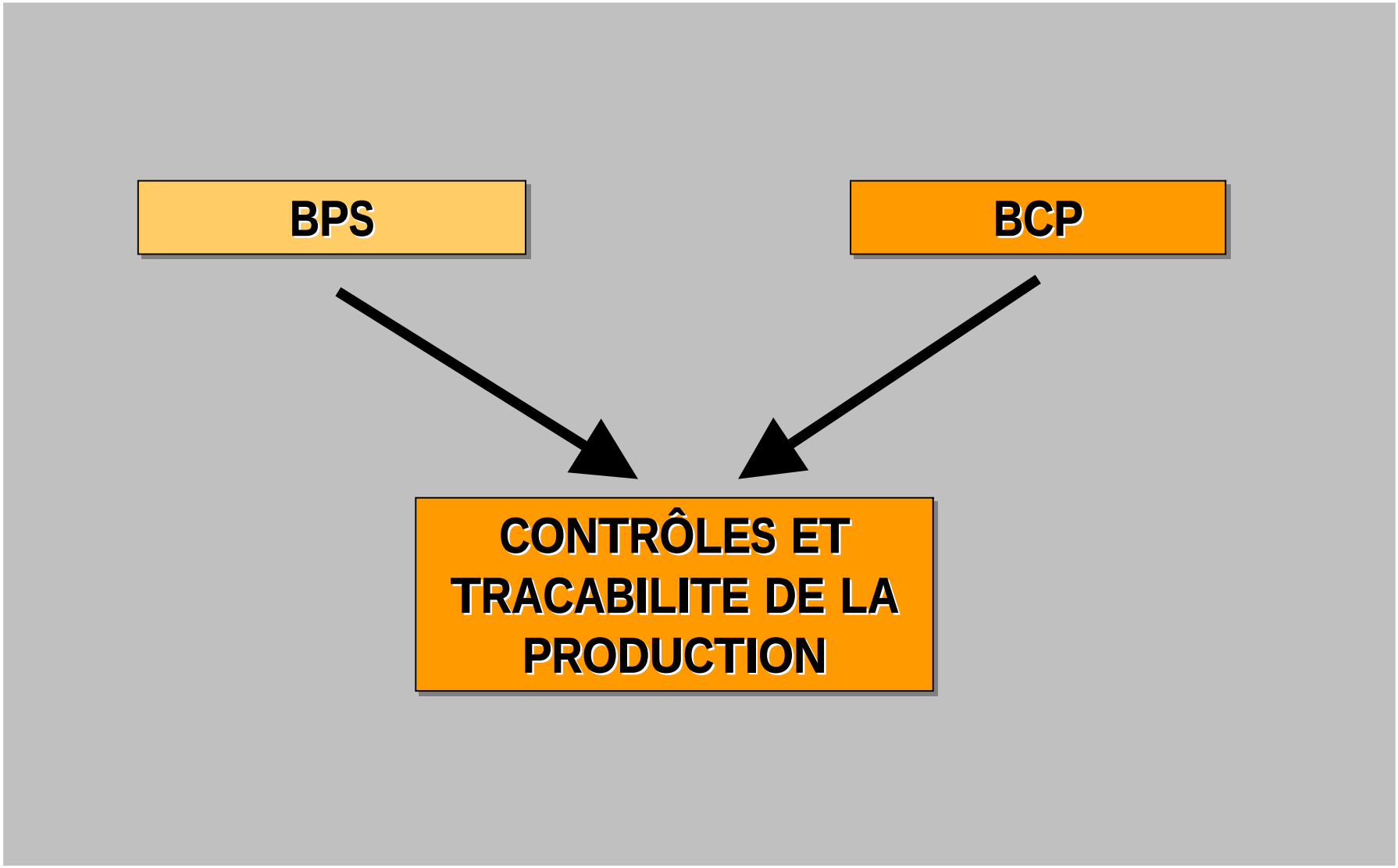
P18-011

LES CLASSES D'EXPOSITION : CONCLUSIONS



Plusieurs classes d'exposition peuvent se combiner sur une même partie de l'ouvrage (par exemple XA1 et XF3)

CONTROLES ET TRACABILITE



CONTROLES ET TRACABILITE

Équipement de stockage

Assurer un stockage qui permet de conserver les propriétés des matériaux

Équipement de dosage

- Matériel de pesage de Classe IV minimum
- Respect des tolérances fixées dans le tableau 2-1 de la norme NF EN 206-1
- Mesure en continu des teneurs en eau des sables et ajustement ou correction de la composition
- Enregistrement des pesées par gâchée ou par charge

Certification

LA MARQUE NF-BETON PRÊT A L'EMPLOI

La marque NF-BETON PRET A L'EMPLOI est une marque de qualité volontaire créée le 27 janvier 1967.

La marque NF atteste de la conformité des produits aux normes sur la base d'un référentiel de certification.

Le référentiel de certification a été révisé pour intégrer en remplacement de la norme XP P 18-305, la norme européenne NF EN 206-1.

Le nouveau référentiel a été finalisé début 2005

LA MARQUE NF-BETON PRÊT A L'EMPLOI

La marque NF-Béton prêt à l'emploi : Un complément naturel à la NF EN 206-1

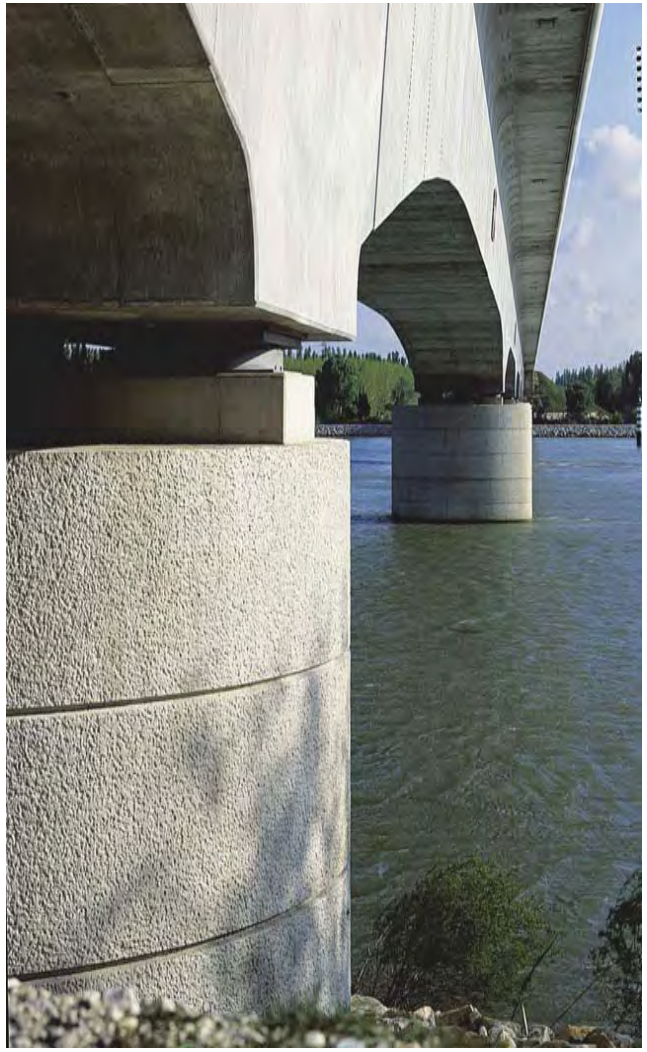
DURABILITE – TRACABILITE - PERFORMANCE

La certification NF-BETON PRET A L' EMPLOI de conformité aux normes, matérialisée par la marque NF délivrée par AFNOR CERTIFICATION apporte la garantie :

- que le producteur met en place un système d'assurance qualité et vérifie par des essais sur constituants et sur bétons le respect des caractéristiques normalisées,

- que le système d'assurance qualité du producteur ainsi que son autocontrôle est vérifié

La norme béton NF EN 206-1



centre
d'Etudes
techniques
maritimes
et fluviales

Guide d'utilisation du béton en site maritime

Notice n° PM 08-01
Avril 2008

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Sommaire:

- Pourquoi un guide
- Champ d'application
- Objectifs
- Son organisation, les points importants
- les fiches techniques
- Le tableau des choix des classes d'expositions de L'EFB

Pourquoi un guide

- Un référentiel technique nouveau

  NF EN 206-1

  Fascicule 65 du CCTG

  Eurocode

Pourquoi un guide

- Parce que les agressions du milieu sont très spécifiques

Eau + Chlorures + sulfates …

15/11/2000

14/11/2000

Pourquoi un guide

- Parce que les agressions mécaniques du milieu sont spécifiques.

14/11/2000

Pourquoi un guide

- Spécificité des techniques de construction et de mise en œuvre du béton

Ouvrage coulé en place

Bétonnage sous l'eau

Préfabrication d'éléments sur site

Préfabrication d'éléments sur site

Préfabrication d'éléments sur site

Préfabrication de l'ensemble de l'ouvrage amené par flottaison

Organisation du guide

Chapitre 1: Introduction générale
Chapitre 2: Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime
Chapitre 3: Béton en site maritimes, exigences et spécifications
Chapitre 4: Mise en œuvre du béton
Chapitre 5: Contrôle de la qualité
Chapitre 6: Gestion des ouvrages
Chapitre 7: Application (fiches d'ouvrages)

Annexe 1: Bibliographie

Annexe 2: Référentiel Technique

Annexe 3: Fiches d'ouvrages

Chapitre 1: Introduction générale

Champs d'application

- S'adresse aux maîtres d'œuvre, aux maîtres d'ouvrage, gestionnaires, laboratoires de contrôles
- Construction des ouvrages en béton en site maritime

Sur le matériau et pas sur la structure

- Béton non armé, armé et précontraint
- Béton coulé en place (notamment sous l'eau)
- Béton préfabriqué en usine et sur chantier

Le guide ne traite pas:
- de l'entretien et de la réparation du béton
- du béton projeté

Chapitre 1: Introduction générale

Objectifs du guide

Maître d'œuvre	Définition du cahier des charges (spécifications du béton, techniques de mise en œuvre, dispositions constructives, contrôles,…)
Maître d'ouvrage	Durée de vie, niveau de service et protection de l'environnement
Gestionnaire	Sensibilisation à la problématique de la durabilité des structures en béton
Laboratoire de contrôle	Organisation et contenu du contrôle, conseil et assistance au maître d'ouvrage et maître d'œuvre

Chapitre 1: Introduction générale

Considérations générales sur le béton et ses constituants:

- ciments,
- granulats,
- additions,
- adjuvants,
- ajouts,
- eau de gâchage

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Contexte et problématique de la construction en site maritime

- Spécificités liées à la typologie des ouvrages
- Spécificités liées au mode de construction et de mise en œuvre
- Spécificités liées à l'agressivité du milieu

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Spécificités liées à la typologie des ouvrages

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Une exploitation variée des ouvrages

- Chargement / Déchargement
- Amarrage / Accostage
- Protection contre la mer
- Construction navale
- Embarquement
- Soutènement
- …

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Spécificités liées à l'agressivité du milieu

Agressions mécaniques dues aux sollicitations d'exploitation des ouvrages, aux frottements et chocs des navires, à l'action de la houle, à l'érosion due à l'effet des vagues.

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Spécificités liées à l'agressivité du milieu

Attaques externes sur le béton seul

- des chlorures
- sulfatique d'origine externe

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Spécificités liées à l'agressivité du milieu

Attaques internes du béton (RGI)

- Réaction Alcali-Granulat (RAG)

Réaction entre la solution alcaline interstitielle du béton et certains granulats, produisant un gel silico-alcalin expansif.

- Réaction Sulfatique Interne (RSI)

Formation différée d'ettringite (produit expansif pouvant générer des gonflements) après la prise du ciment et sans apport de sulfate externes.

Touche des structures qui ont subi une élévation excessive de température lors de la prise du béton (pièces massives ou éléments préfabriqués traités thermiquement)

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Spécificités liées à l'agressivité du milieu

Cycles gel-dégel

- Action des cycles de gel/dégel
- Écaillage de surface

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Spécificités liées à l'agressivité du milieu

Corrosion des armatures

- Pénétration des chlorures

En zone immergée, pénétration des chlorures par diffusion, sous gradient de concentration en chlorures entre la surface riche en chlorures et le cœur exempt de chlorures

En zone soumis à des cycles d'humidification séchage, pénétration des chlorures par migration avec la phase liquide par capillarité.

Ce phénomène est plus rapide que la diffusion ce qui fait que c'est en zone de marnage et d'aspersion que l'agressivité sera maximum

Chapitre 2 : Spécificités des ouvrages en béton en environnement maritime

Spécificités liées à l'agressivité du milieu

Corrosion des armatures

Carbonatation

Le dioxyde de carbone qui pénètre à l'intérieur des pores du béton par un phénomène de diffusion produit une consommation de la porlandite et conduit à une chute du pH, ce qui entraîne une dépassivation des aciers.

Dans le processus de pénétration, l'humidité relative des pores du béton joue un rôle primordial.

En environnement marin, le phénomène de carbonatation est souvent limité (humidité importante)

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

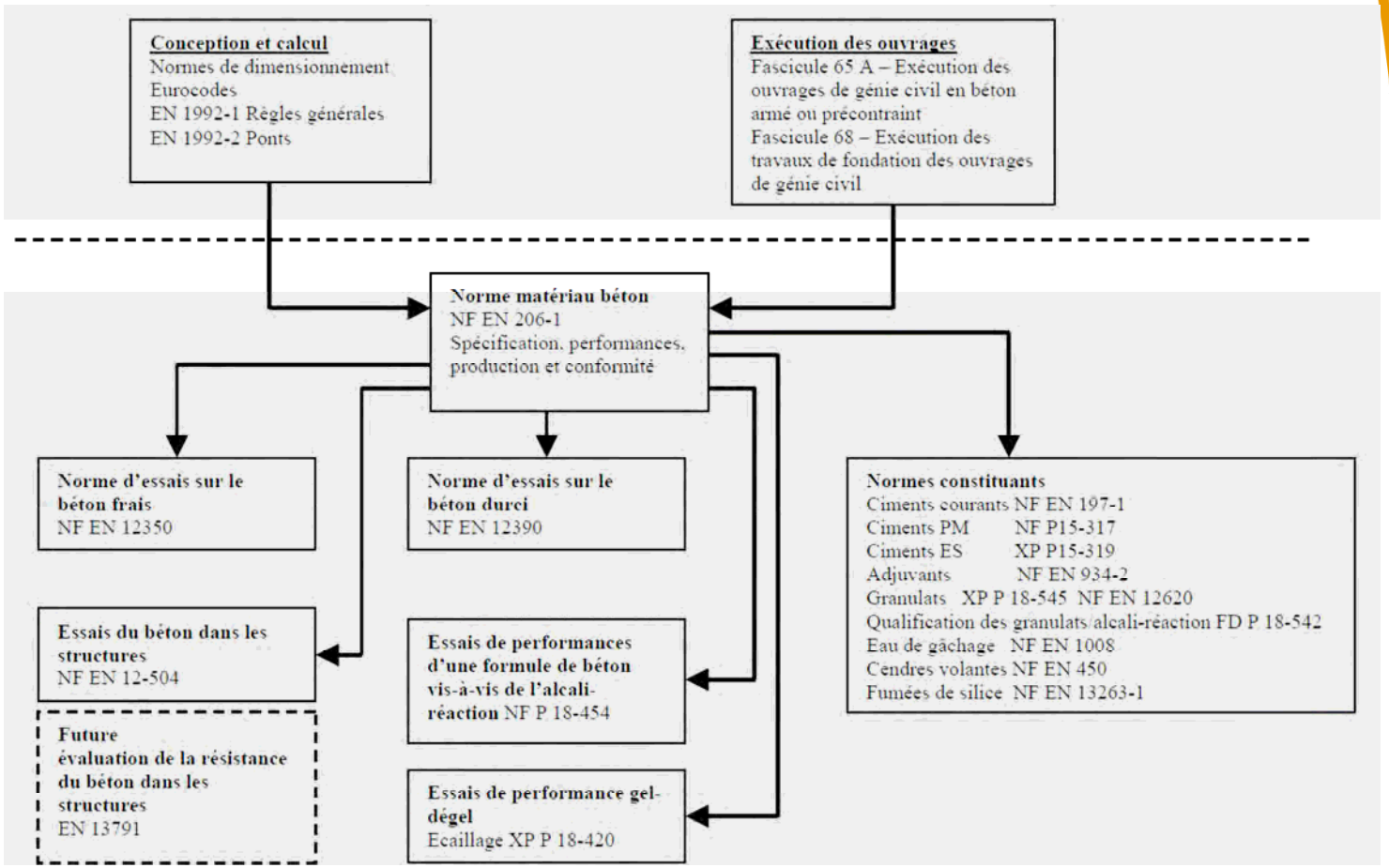
- Les exigences performantielles (mécaniques, ouvrabilité, esthétisme, durabilité), les recommandations
- Le référentiel technique (règlements, normes, guides,…)
- La prescription du béton (CCTP)
- Les bétons spéciaux et innovants (BAP, BHP, BFUP)

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Le référentiel technique

Réglementaire

Normatif



Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Le référentiel technique

Documentation

Fascicules de documentation

- Liants hydrauliques – Guide d'utilisation des ciments FD P 15-010
- Béton – Réactivité d'une formule de béton vis-à-vis de l'alcali-réaction Critères d'interprétation des résultats de l'essai de performance FD P 18-456
- Béton - Surfaces et parements en béton P 18-503
- Béton – Mise en œuvre des bétons de structures P 18-504
- Béton – Classification des environnements agressifs P 18-011
- Granulats – Critères de qualification des granulats naturels pour béton hydraulique vis-à-vis de l'alcali-réaction FD P 18-542
- Granulats – Guide d'interprétation de la norme XP P 18-540 : FP P 18-940

Guides technique

Guides techniques :

- Maîtrise de l'eau dans le béton hydraulique (CCPC 2001)
- Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages (AFGC – 2004)
- Prévention des désordres dus à l'alcali-réaction – guide pour la rédaction des pièces écrites des marchés (SETRA – 1996)
- Guide sur la commande et le pilotage des études d'ouvrage d'art (1995)
- La démarche qualité dans les ouvrages d'art courants (SETRA – 1992)
- Les défauts des parements en béton (LCPC)
- Guide sur les pieux forés (SETRA – 1978)

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

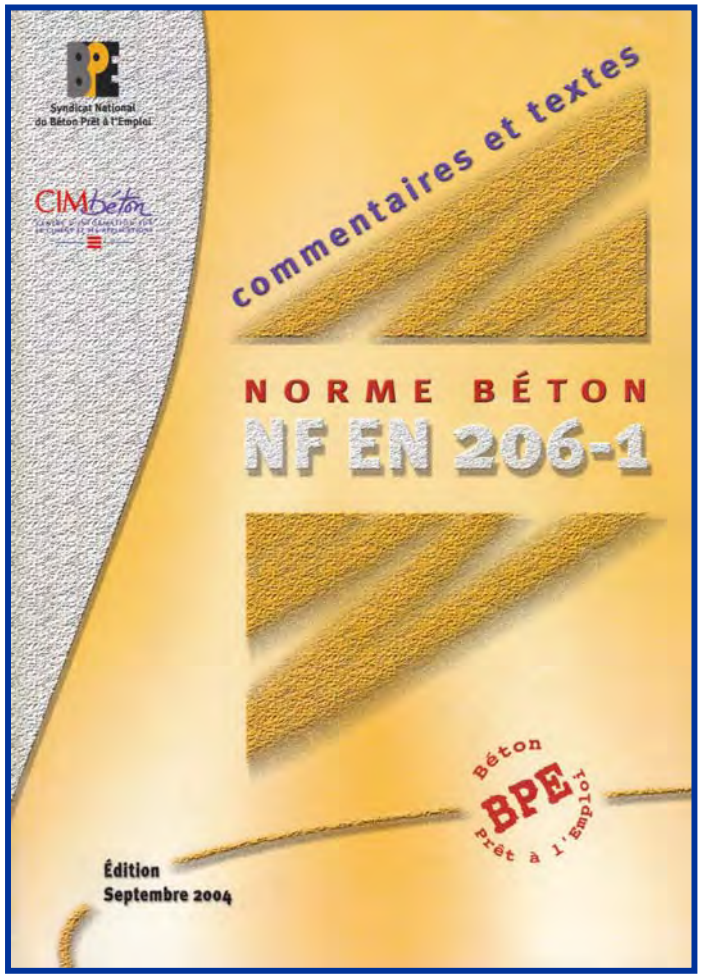
Le référentiel technique

EXÉCUTION DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL
EN BÉTON ARMÉ OU PRÉCONTRAINT

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES
APPLICABLES AUX MARCHÉS PUBLICS DE TRAVAUX

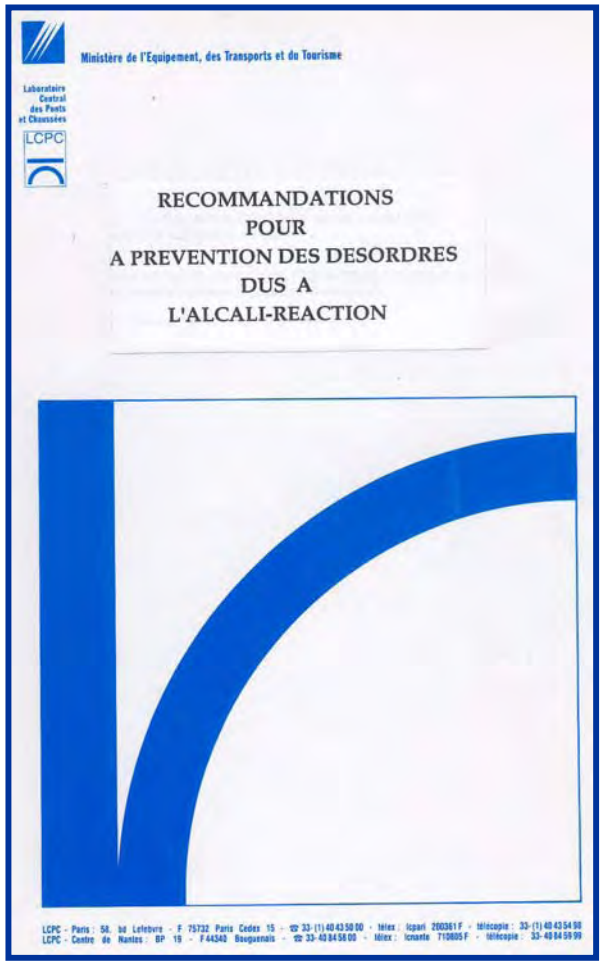
FASCICULE N°65

Texte du fascicule et de ses annexes



Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Le référentiel technique



Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Le référentiel technique

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Le référentiel technique

centre d'Etudes techniques maritimes et fluviales

les outils

Utilisation du béton précontraint en site aquatique
Eléments de réflexion

Notice PMVN 05.01 Septembre 2005

DOCUMENTATION TECHNIQUE

CIMbéton

T 93

Les bétons et les ouvrages en site maritime

L'élargissement de l'Union Européenne, l'essor économique de nombreux pays, la mondialisation des échanges et l'augmentation du tourisme nautique et du transport multimodal génèrent un essor important du trafic maritime. La France, avec sa très grande façade maritime, bénéficie d'une situation géographique privilégiée. Ce contexte est favorable à un développement important des aménagements en site maritime et une modernisation de l'ensemble des infrastructures portuaires.

Chantier en site maritime.

Particularités des ouvrages en béton en site maritime

Les bétons sont utilisés pour la réalisation de très nombreux ouvrages ou structures situés en site maritime, qui participent à l'aménagement des infrastructures et installations portuaires de pêche ou de commerce, des bassins, des terminaux à conteneurs, des terminaux céréaliers, des bases nautiques, des ouvrages de protection et de défense des côtes (épis, brise-lames, de protection des ports (digues, jetées), des ouvrages de mise à l'eau de navires ou de construction navale, des quais et appontements pour le chargement et le déchargement...
Les ouvrages peuvent être coulés en place, à l'air libre ou sous l'eau, ou constitués de produits préfabriqués en béton. Le béton peut être armé ou précontraint.
Les ouvrages en béton construits en site maritime présentent de multiples particularités induites par une très grande variété :
- des types de structures et des solutions constructives offertes par le matériau,
- des utilisations des ouvrages,
- des techniques et des méthodes de construction,
- des types de béton utilisés : béton coulé en place, éléments en béton préfabriqués en usine ou sur le site,
- des contraintes climatiques lors des phases de construction, qui imposent la mise en œuvre de dispositions adaptées.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

La prescription du béton (CCTP)

Les classes d'exposition

Selon NF EN 206-1

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer

Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin

Classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs : choix des classes d'exposition
XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin, mais pas en contact direct avec l'eau de mer	Structures sur ou à proximité d'une côte (<1km de la côte, parfois plus, jusqu'à 5 km)
XS2	Immergé en permanence	Eléments de structures marines
XS3	Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des embruns	Eléments de structures marines (jusqu'a 100 m au moins de la côte, parfois plus, jusqu'a 500 m, suivant la topographie particulière

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Corrosion induite par carbonatation

Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées exposé à l'air et à l'humidité

Classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
XC1	sec ou humide en permanence	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible. Béton submergé en permanence dans l'eau.
XC2	Humide, rarement sec	Surfaces de béton soumises au contact à long terme de l'eau. Un grand nombre de fondations.
XC3	Humidité modérée	Béton à l'intérieur de bâtiment où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé. Béton extérieur abrité de la pluie.
XC4	Alternance d'humidité et de séchage	Surfaces soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XC2.

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Attaques d'origine chimique

Béton est exposé aux attaques chimiques se produisant dans les sols naturels ou les eaux souterraines

Caractéristique chimique	Méthode d'essai de réference	XA1	XA2	XA3
Eaux de surfaces et souterraines				
SO_4^{2-} en mg/l	EN 196-2	≥ 200 et ≤ 600	> 600 et ≤ 3000	> 3000 et ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 et ≥ 5,5	< 5,5et ≥ 4,5	< 4,5 et ≥ 4,0
CO_2 agressif en mg/l	prEN 13577:1999	≥ 15 et ≤ 40	> 40 et ≤ 100	> 100 jusqu'à saturation
NH_4^+ en mg/l	ISO 7150-1 ou ISO 7150-2	≥ 15 et ≤ 30	> 30 et ≤ 60	> 60 et ≤ 100
Mg^{2+} en mg/l	ISO 7980	≥ 300 et ≤ 1000	> 1000 et ≤ 3000	> 3000 jusqu'à saturation
Sol				
SO_4^{2-} mg/kg [a] total	EN 196-2 [b]	≥ 2000 et ≤3000 [c]	>3000[c] et ≤ 12000	> 12000 et ≤24000
Acidité ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Corrosion induite par les chlorures, ayant une origine autre que marine

Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact d'une eau ayant une origine autre que marine, contenant des chlorures, y compris des sels de déverglaçage

Classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
XD1	Humidité modérée	Surfaces de béton exposées à des chlorures transportés par voie aérienne.
XD2	Humide, rarement sec	Piscines Béton exposé à des eaux industrielles contenant des chlorures.
XD3	Alternance d'humidité et de séchage	Eléments de ponts exposés à des projections contenant des chlorures. Chaussées. Dalles de parc de stationnement de véhicules.

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Attaques gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage

Béton soumis à une attaque significative due à des cycles de gel/dégel

Classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
XF1	Saturation modérée en eau sans agent de déverglaçage	Surfaces verticales de bétons exposées à la pluie et au gel.
XF2	Saturation modérée en eau avec agents de déverglaçage	Surfaces verticales de bétons des ouvrages routiers exposées au gel et à l'air véhiculant des agents de déverglaçage.
XF3	Forte saturation en eau, sans agent de déverglaçage	Surfaces horizontales de bétons exposées à la pluie et au gel.
XF4	Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des **embruns**	Routes et tabliers de pont exposés aux agents de déverglaçage et surfaces de bétons verticales directement exposées aux projections d'agents de déverglaçage et au gel. **Zones des structures marines soumises aux projections et exposées au gel.**

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Gel faible ou modéré

XF1 (sans agent de déverglaçage)

XF2 (avec agent de déverglaçage)

Gel sévère

XF3 (sans agent de déverglaçage)

XF4 (avec agent de déverglaçage)

Gel modéré ou sévère

Suivant l'altitude

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Extrait du guide

Exemple :

Pour une poutre d'accostage en béton armé se situant à la fois en zone de marnage et en zone d'embruns à Brest.

- Corrosion induite par la carbonatation :

La classe d'exposition à retenir est **XC4** car l'élément est dans une zone d'alternance d'humidité et de séchage.

- Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine :

il n'y a pas lieu de retenir ces classes d'exposition car nous sommes dans le cas où les chlorures sont d'origine marine. sauf s'il y avait stockage de produits fortement chargés en sel sur les quais.

- Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer :

L'élément se situant en zone de marnage et en zone d'embruns la classe d'exposition à retenir est **XS3**.

- Attaque gel/dégel :

Brest étant en zone de gel faible. il n'y a pas lieu de ici de retenir cette classe d'exposition.

- Attaques chimiques :

Cette partie d'ouvrage n'étant pas en contact avec un sol ou une eau souterraine. il n'y a pas lieu ici de retenir cette classe d'exposition.

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Tableau NA.F.1 de la NF EN 206-1

Tableau NA.F.1 — Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition

		Classes d'exposition																	
		Aucun risque de corrosion ou d'attaque	Corrosion induite par carbonatation				Corrosion induite par les chlorures						Attaque gel / dégel				Environnements chimiquement agressifs		
							Eau de mer			Chlorures autres que l'eau de mer									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3 [a) m)]	XF1 [b)]	XF2 [b)]	XF3 [b) c)]	XF4 [b) c)]	XA1	XA2	XA3
	Rapport E_{eff}/liant éq maximal [d)]	—	0,65	Valeurs numériques identiques à XC1 [f)]	Valeurs numériques identiques à XF1 [f)]	Valeurs numériques identiques à XF1 [f) g)]	Valeurs numériques identiques à XS2 [f)]	0,55	0,50	Valeurs numériques identiques à XF1 [f)]	0,55	0,50	0,60	0,55	0,55	0,45	0,55	0,50	0,45
	Classe de résistance minimale	—	C20/25					C30/37	C35/45		C30/37	C35/45	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50
	Teneur mini en liant éq (kg/m^3) [d) e)]	150	260 [h)]					330	350		330	350	280 [h)]	300	315	340	330	350	385
	Teneur minimale en air (%)	—	—					—	—		—	—	—	4 [i)]	4 [i)]	4 [i)]	—	—	—
Rapport maximal A/(A+C)	Cendres volantes	0,30	0,30					0,15	0,15		0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,15 [j)]	0,30 [k)]	0,30 [k)]	0,00
	Fumées de silice	0,10	0,10					0,10	0,10		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Laitier moulu	0,30	0,30					0,15	0,15		0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,15	0,30 [k)]	0,30 [k)]	0,00
	Addition calcaire	0,25	0,25					0,05	0,05		0,05	0,05	0,25	0,25	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00
	Addition siliceuse	0,20	0,20					0,15	0,15		0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00
	Nature du ciment	—	—					PM [l)]	PM [l)]		—	—	—	—	—	m)	n)	n)	n)

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Tableau art 81.2.2 du Fascicule 65

	TYPE DE BETON	CLASSES D'EXPOSITION				
SPECIFICA-TIONS		XC1-XC2-XC3	XC4 XS1-XS2 XD1-XD2 XF1-XF2 XA1	XF3	XS3 XD3 XA2	XF4
E_{eff} / Liant équiv. Rapport maximal	BA-BP	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45
Classe minimale de résistance	BA BP	C25/30 C30/37	C30/37 C30/37	C30/37 C35/45	C35/45 C35/45	C35/45 C35/45
Teneur minimale en liant équivalent (Kg/m^3) [1]	BA-BP	280	330	385	350	385
Caractère du ciment	BP	CP	CP	CP	CP	CP

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Classes d'exposition et seuils d'ouverture des fissures

Dimensionnement aux états limites de services (ELS)

Valeurs recommandées de Wmax (mm), ouvertures des fissures en fonction de la classe d'exposition

Classes d'exposition	Eléments en béton armé et éléments en béton précontraint à armatures non adhérentes	Eléments en béton précontraint avec armatures adhérentes
	Combinaison quasi-permanente des charges	Combinaison fréquente des charges
X0, XC1	0,4	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2
XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3	0,2	décompression

Extrait de l'annexe nationale de la norme NF EN 1992-1-1

Extrait du guide

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

ATTENTION AU SURDOSAGE EN CIMENT

Un surdosage en ciment entraîne inévitablement des problèmes de mise en œuvre liés à un durcissement rapide et augmente de beaucoup le retrait au séchage. Par conséquent, il nuit à la durabilité du béton armé et donc de l'ouvrage.

Plus la pièce est massive, plus le surdosage en ciment est préjudiciable en raison du phénomène d'exothermie qui provoque une élévation importante de température à l'intérieur de la pièce.

Cet effet présente les dangers suivants :

- l'élévation de température accentue tous les problèmes de retrait du béton,
- une réaction sulfatique interne peut être provoquée.

Demander un dosage en ciment de plus de 450 kg/m^3 est préjudiciable !

Liant équivalent :

Le concept de liant équivalent permet de prendre en compte certaines additions pour la détermination des teneurs en ciment. En effet, certaines additions participent au phénomène de prise du béton ou le favorisent. Il convient donc d'en tenir compte.

La norme NF EN 206-1 définit les modalités de prise en compte de ces additions :

$$L_{éq} = C + kA$$

$L_{éq}$	: Liant équivalent	[kg/m^3]
C	: Quantité de ciment	[kg/m^3]
A	: Quantité d'addition	[kg/m^3]
k	: Coefficient de prise en compte de l'addition	

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Prévention contre les risques d'alcali-réaction

Niveau de prévention		Classe d'exposition à l'environnement climatique			
		1	2	3	4
Catégories d'ouvrage	I Risque faible ou acceptable	A	A	A	**A**
	II Risque peu tolérable	A	B	B	**B**
	III Risque inacceptable	C	C	C	**C**

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Prévention contre les risques d'alcali-réaction

Catégorie de risque	*Exemples d'ouvrages ou de parties d'ouvrage*
I **Risque faible ou acceptable**	Eléments non porteurs des bâtiments. Eléments aisément remplaçables. Ouvrages provisoires. Eléments non structurels.
II **Risque peu tolérable**	Eléments porteurs des bâtiments et des ouvrages de génie civil. Eléments structurels. **La plupart des infrastructures portuaires et maritimes.**
III **Risque inacceptable**	Infrastructures exceptionnelles (barrages, tunnels, enceintes de réacteurs de centrales nucléaires, grands viaducs,…). **Certains ouvrages portuaires ou maritimes** tels que par exemple les digues de protection contre la mer (maintien du trait de côte, lutte contre les submersions marines).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Prévention contre les risques de réaction sulfatique interne

Classe d'exposition	*Description de l'environnement*	*Exemples*
XH1	Sec ou humidité modérée	Partie d'ouvrage située à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible ou moyen Partie d'ouvrage située à l'extérieur et abritée de la pluie
XH2	Alternance d'humidité et de séchage, humidité élevée	Partie d'ouvrage située à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est élevé Partie d'ouvrage non protégée par un revêtement et soumis aux intempéries, sans stagnation d'eau à la surface Partie d'ouvrage non protégée par un revêtement et soumise à des condensations fréquentes **La plupart des infrastructures portuaires et maritimes non en contact avec l'eau de mer**
XH3	En contact durable avec l'eau	Partie d'ouvrage immergée en permanence Partie d'ouvrage en zone de marnage Partie d'ouvrage où des stagnations d'eau sont probables **La plupart des infrastructures portuaires et maritimes**

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Prévention contre les risques de réaction sulfatique interne

Classe d'exposition *Catégorie de risque*	XH1	XH2	XH3
I Risque faible ou acceptable	As	As	As
II Risque peu tolérable	As	Bs	Cs
III Risque inacceptable	As	Cs	Ds

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

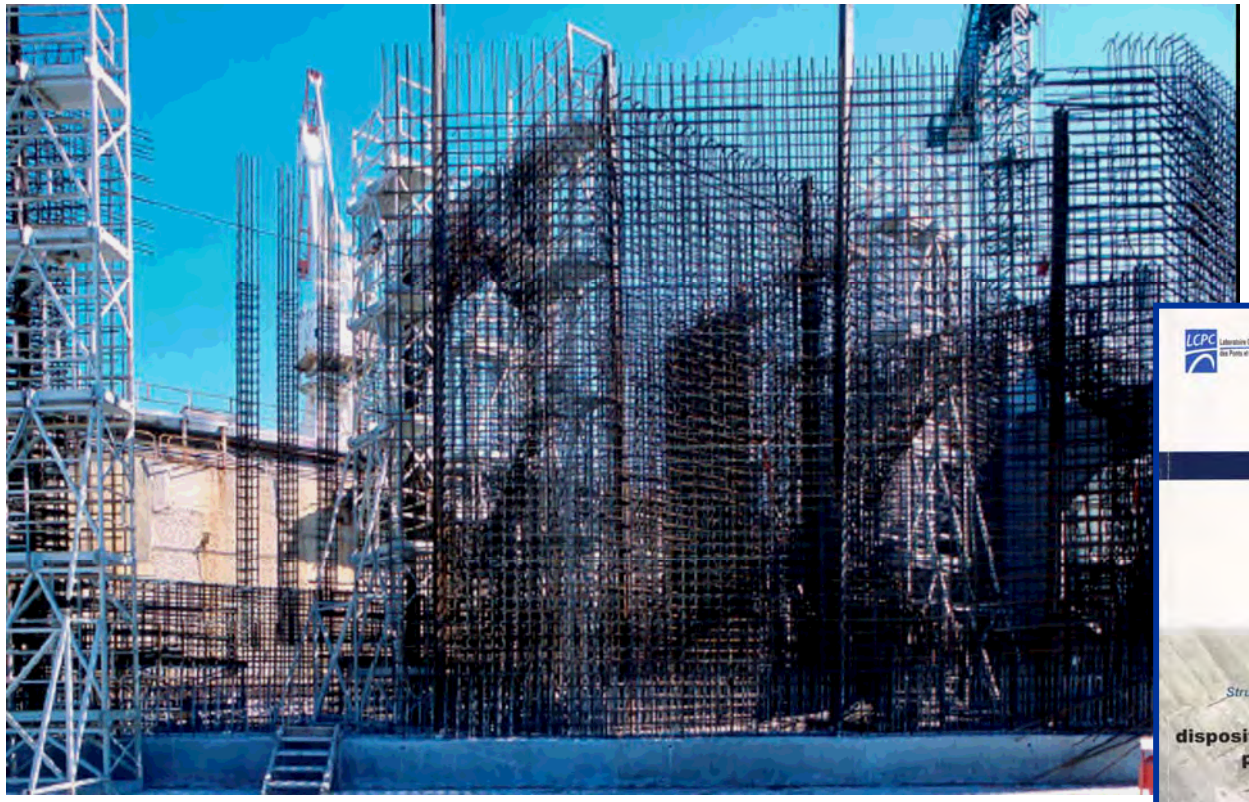
Prévention contre les risques de réaction sulfatique interne

Extrait du guide

Niveau de prévention		
Bs	**Cs**	**Ds**
soit $T_{max} < 75°C$	soit $T_{max} < 70°C$	soit $T_{max} < 65°C$
soit $75°C < T_{max} < 85°C$ *Dans ce cas, une des 6 conditions suivantes doit être respectée :*	Soit $70°C < T_{max} < 80°C$ *Dans ce cas, une des 6 conditions suivantes doit être respectée :*	Soit $65°C < T_{max} < 75°C$ *Dans ce cas, les conditions suivantes doivent être respectées*
Dans le cas de pièces préfabriquées, la durée de pallier est inférieure à 4 heures et la teneur en alcalins équivalents ($Na_2O_{équivalent}$) est inférieure à 3 kg/m^3.		
Utilisation d'un ciment conforme à la norme NF P 15-319 (ciment ES) avec pour les ciments CEM I et CEM II/A une teneur en alcalins équivalents inférieure à 3 kg/m^3		Le ciment est conforme à la norme NF P 15-319 (ciment ES) avec pour les ciments CEM I et CEM II/A une teneur en alcalins équivalents inférieure à 3 kg/m^3 Et La formule de béton est validée par un laboratoire indépendant expert en RSI
Utilisation d'un ciment non conforme à la norme NF P 15-319 (ciment ES) avec une teneur en SO_3 inférieure à 3 % et une teneur en C3A inférieure à 8 %		
Vérification de la formule de béton vis-à-vis de la RSI à l'aide d'un essai de performance		
Utilisation en combinaison avec du ciment CEM I de cendres volantes, de laitiers de haut fourneau ou de pouzzolanes. Dans ce cas, la proportion d'adition est supérieure à 20 % et le ciment CEM I contient une teneur en SO_3 inférieure à 3 % et une teneur en C3A inférieure à 8 %.		
Dans le cas de pièces préfabriquées, le béton dispose de cinq références d'emploi		

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Enrobage des armatures



Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Enrobage des armatures

Paramètre fondamental => Garantir la durabilité d'un ouvrage en béton armé, en protégeant ses armatures des agressions extérieures

Aucun enrobage ne doit être inférieur à C_{min}

$$\mathbf{C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}}$$

- C_{nom} est spécifié sur les dessins d'exécution et détermine la dimension des cales à utiliser
- ΔC_{dev} correspond aux tolérances d'exécution
- C_{min} : exigences vis-à-vis de l'adhérence et des conditions environnementale

$$C_{min} = \max (C_{min,b} ; C_{min,dur} ; 10mm) + ki$$

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Enrobage des armatures

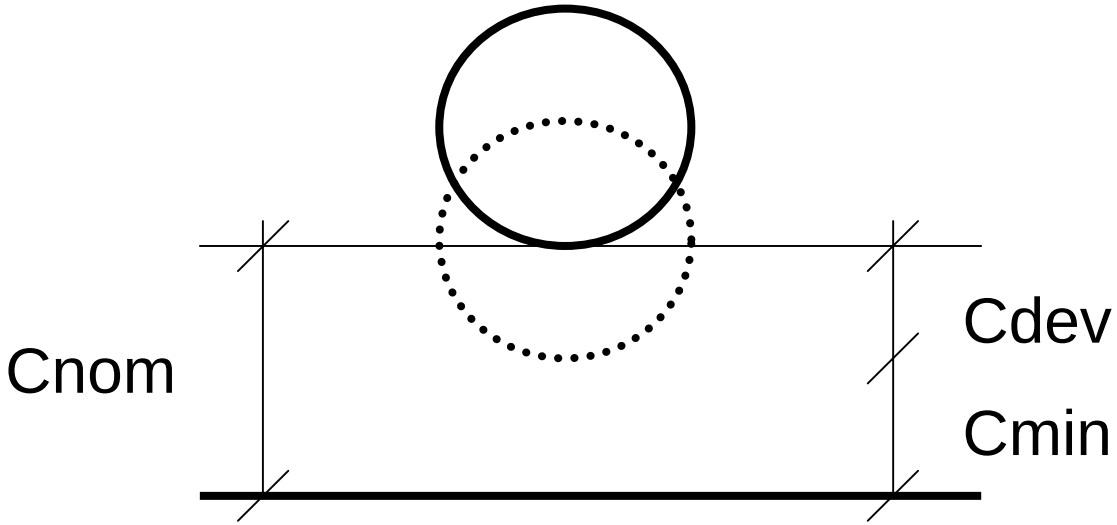
$C_{min} = \max (C_{min,b} ; C_{min,dur} ; 10mm) + ki$

Exigences environnementale pour $C_{min,dur}$ (mm)			
Classe structurale	Classes d'exposition		
	XS1	XS2	XS3
S1	20	25	30
S2	25	30	35
S3	30	35	40
S4	35	40	45
S5	40	45	50
S6	45	50	55

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Enrobage des armatures

DÉFINITION DE L'ENROBAGE



Rappel : l'enrobage est défini comme la distance de l'axe de l'armature à la paroi la plus voisine diminué du rayon nominal de cette armature

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Enrobage des armatures

Classe d'abrasion	Conditions	Valeurs des Coefficients
XM1	Abrasion modérée, telle que : éléments de site industriel soumis à la circulation de véhicules équipés de pneumatiques, frottements d'amarres ou de chaînes, sédiments charriés par la houle.	$k_1 = 5$ mm
XM2	Abrasion importante, telle que : éléments de site industriel soumis à la circulation de chariots élévateurs équipés de pneumatiques ou de bandages en caoutchouc plein, coques de navires pouvant glisser sur un front d'accostage.	$k_2 = 10$ mm
XM3	Abrasion extrême, telle que éléments de site industriel soumis à la circulation de chariots élévateurs équipés de pneumatiques ou de bandages en élastomère ou métalliques ou d'engins à chenilles, godets de chargeurs de produits en vrac	$k_3 = 15$ mm

Chapitre 3 : Les bétons en site maritime, exigences et spécifications

Extrait du guide

Exemple de calcul d'enrobage

Considérons une partie d'un quai en béton armé réalisé en paroi moulée dans le port de Brest. Elle est située dans la zone de marnage.

La résistance caractéristique à la compression nécessaire, prise en compte dans les calculs de dimensionnement, est $\mathbf{f_{c28}=35\ MPa.}$

la **durée d'utilisation de projet** de l'ouvrage est de **50 ans**.

Les barres les plus importantes ont un diamètre de **40 mm**.

$\mathbf{C_{min,b}}$ est de **40 mm**, dimension de la barre la plus importante.

Pour $\mathbf{C_{min,dur}}$, le tableau donne **45 mm** pour une classe structurale S4 et une exposition XS3.

$\mathbf{k_i}$ est égal à 0 car il n'y a pas de phénomène d'abrasion à prendre en compte.

$\mathbf{C_{min}} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur}; 10\ mm) + k_i$

$\mathbf{C_{min}} = \max(40; 45; 10) + 0$ donc $\mathbf{C_{min} = 45\ mm}$

L'ouvrage étant un paroi moulée, on prévoit une irrégularité de la surface en contact avec le béton de 25 mm, ce qui porte $\mathbf{C_{min}}$ **à 70 mm,** et cette valeur est bien supérieure à $K_2 = 65$ mm pour une telle surface.

$\Delta\mathbf{C_{dev}}$ est de 10 mm car il n'y a pas de démarche d'assurance qualité qui prévoit des mesures d'enrobage.

$\mathbf{C_{nom}} = C_{min} + \Delta C_{dev}$

$\mathbf{C_{nom}} = 70 + 10 = \mathbf{80\ mm}$

Chapitre 4 :
La mise en œuvre du béton

- Présentation des différentes techniques et modes de mise en œuvre
- Conseils et recommandations pour la fabrication, le transport et la mise en œuvre du béton
  - ✓ Béton coulé en place et coulage sous l'eau
  - ✓ Structure préfabriquée
- Environnement

Chapitre 5 :
Contrôle de la qualité

Prise en compte des nouvelles dispositions des contrôles des bétons introduites par le Fasc. 65 du CCTG.

Transfert du contrôle extérieur vers les contrôles intérieurs des:

- ✓ Épreuves de convenances
- ✓ Contrôles de conformité

Chapitre 5 :
Contrôle de la qualité

Nature des contrôles extérieurs

- Analyse des Plans Qualité
- Vérification de l'exécution du contrôle intérieur:
  - analyse des épreuves d'études des bétons,
  - analyse des résultats des épreuves de convenances,
  - analyse des résultats des épreuves de conformité avec réalisation de prélèvements occasionnellement.

Chapitre 6 :
Gestion des ouvrages

- Dispositions constructives
- Modalités de surveillance
- Suivi des paramètres de durabilité du béton

Chapitre 7 : Applications

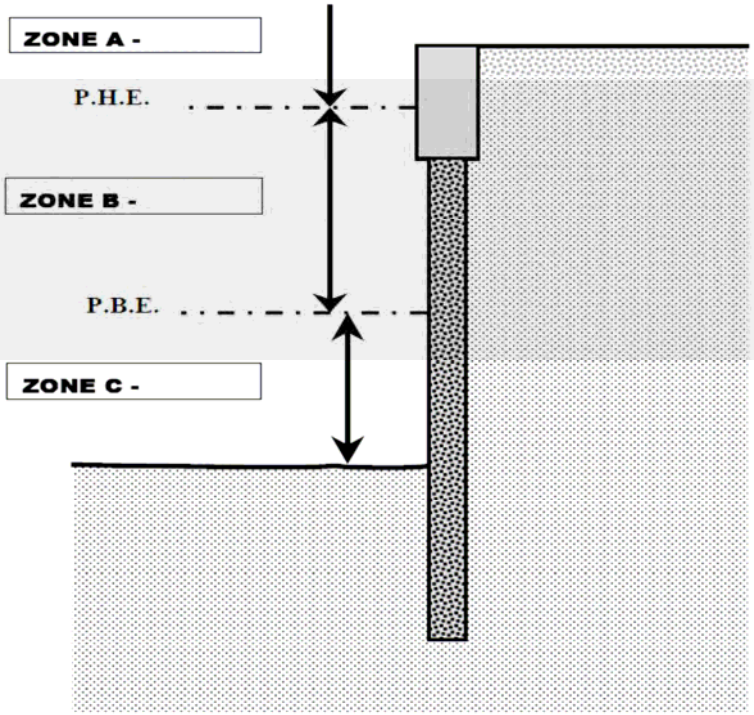
- Collection de fiches pratiques synthétiques par type d'ouvrage

  Spécifications du béton

  Mise en œuvre

  Contrôles d'exécution

PAROI MOULEE



A. Définition du béton de la paroi moulée

Partie d'ouvrage	Classes d'exposition et de chlorures	Classe de résistance	Teneur minimum en liant équivalent en kg/m^3 avec D_{max}=20 mm	Nature du ciment	Caractéristiques complémentaires du ciment	$E_{eff}/L_{éq}$	Caractéristiques complémentaires du béton
Zone A - aspersion	XC4 XS3 XA2 XH2 ~~Cl 0,4~~	C35/45	385		PM ES	0,45	RAG RSI
Zone B - marnage	XC4 XS3 XA2 XH3 ~~Cl 0,4~~						
Zone C - immergée	XC1 XS2 XA2 XH3 ~~Cl 0,4~~	C35/45	350		PM ES	0,45	RAG RSI
Définition globale	**XC4 XS3 XA2 XH3 ~~Cl 0,4~~**	**C35/45**	**385**		**PM ES**	**0,45**	**RAG RSI**

B. Mise en œuvre

Partie d'ouvrage	Moyens de mise en œuvre	Ouvrabilité	enrobage	cure	Contrôles
Zone A – aspersion	Tube plongeur (pompage ou gravité)	Béton fluide (S4) Ajout d'adjuvants possible (plastifiant, superplastifiant)	70 mini*	néant	Propreté du fond de fouille Positionnement de la cage d'armatures Consistance du béton Courbe de bétonnage Essais de compression Auscultation sonique
Zone B – marnage					
Zone C – immergée					
Dans le sol					

* valeur à affiner en fonction du calcul proposé au paragraphe 3.3.9 du guide

Le tableau des choix des classes d'expositions de L'Ecole Française du Béton (EFB)

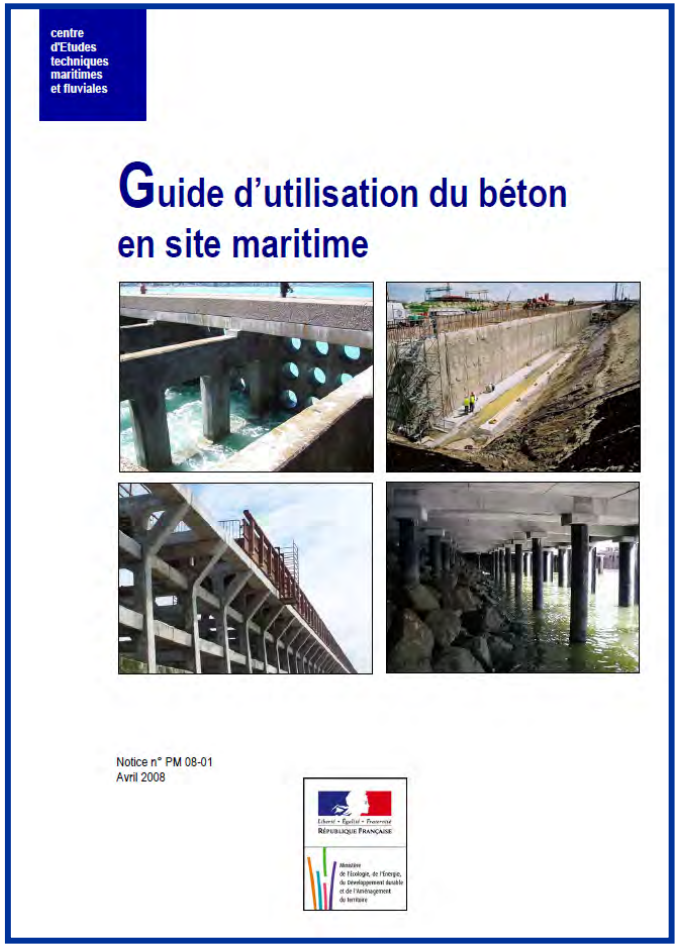
Pour les ouvrages maritimes en béton

Version provisoire

Type d'ouvrages	Partie considérée	Corrosion par carbonatation	Corrosion par les chlorures marins	Corrosion induite par les chlorures autres que marins	Attaques gel/dégel	Attaques chimiques	Risque d'abrasion
Quai sur pieux	Pieux (sauf parties totalement enterrées ou totalement immergées)	XC4	XS3	-	XF1 (5)	(6)	-
	Partie complètement immergée des pieux	XC2	XS2	-	-	(6)	-
	Partie complètement enterrée des pieux	XC2	XS2	-	-	(6)	-
	Remplissage tubes métalliques (3)	-	-	-	-	-	-
	Têtes de pieux	XC4	XS3	-	XF1 (5)	(6)	
	Poutres et béton clavetage	XC4	XS3	-	XF1 (5)	(6)	
	Poutres de couronnement	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	-
	Dalles	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	(8)
	Rideaux ou massifs d'ancrage	XC2	XS2	-	-	(6)	-
Quai caissons préfabriqués	Caissons	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	(8)
Quai - blocs coulés en place (1)	Fondations non armées coulées en place (4)	-	-	-	-	(6)	-
	Blocs non armé (4)	-	-	-	XF1 (5) sauf si immergés	(6)	-

Version provisoire

Type d'ouvrages	Partie considérée	Corrosion par carbonatation	Corrosion par les chlorures marins	Corrosion induite par les chlorures autres que marins	Attaques gel/dégel	Attaques chimiques	Risque d'abrasion
Quai blocs préfabriqués	Fondations (parties totalement immergées ou totalement enterrées)	XC2	XS2	-	-	(6)	-
	Blocs préfabriqués (toutes autres parties)	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	(8)
Quai paroi moulée	Parois moulées (sauf parties complètement enterrées ou complètement immergées)	XC4	XS3	-	XF1 (5)	(6)	-
	Parois moulées (parties complètement enterrées ou complètement immergées)	XC2	XS2	-	-	(6)	-
	Poutres de couronnement	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	-
	Rideaux ou massifs d'ancrage	XC2	XS2	-	-	(6)	-
Écluse	Radier	XC2	XS2	-	-	(6)	-
	Murs et bajoyers	XC4	XS3	-	XF1 (5)	(6)	-
	Poutres de couronnement	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	-
Forme de radoub	Radier, mur de tête et bajoyers	XC4	XS3	-	XF1 (5)	(6)	(8)
	Poutres de couronnement	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	-
Autres	Voies de grues	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	(8)
	Dalles et revêtements de tous quais (cas général)	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	(8)
	Massifs bollards	XC4	XS3	XD3 (2)	XF1 / XF2 si salage fréquent (5)	(7)	-
Blocs béton de carapace (tétrapodes, accropodes etc.) (1)		-	-	-	XF1 (5) sauf si immergés	(6)	-

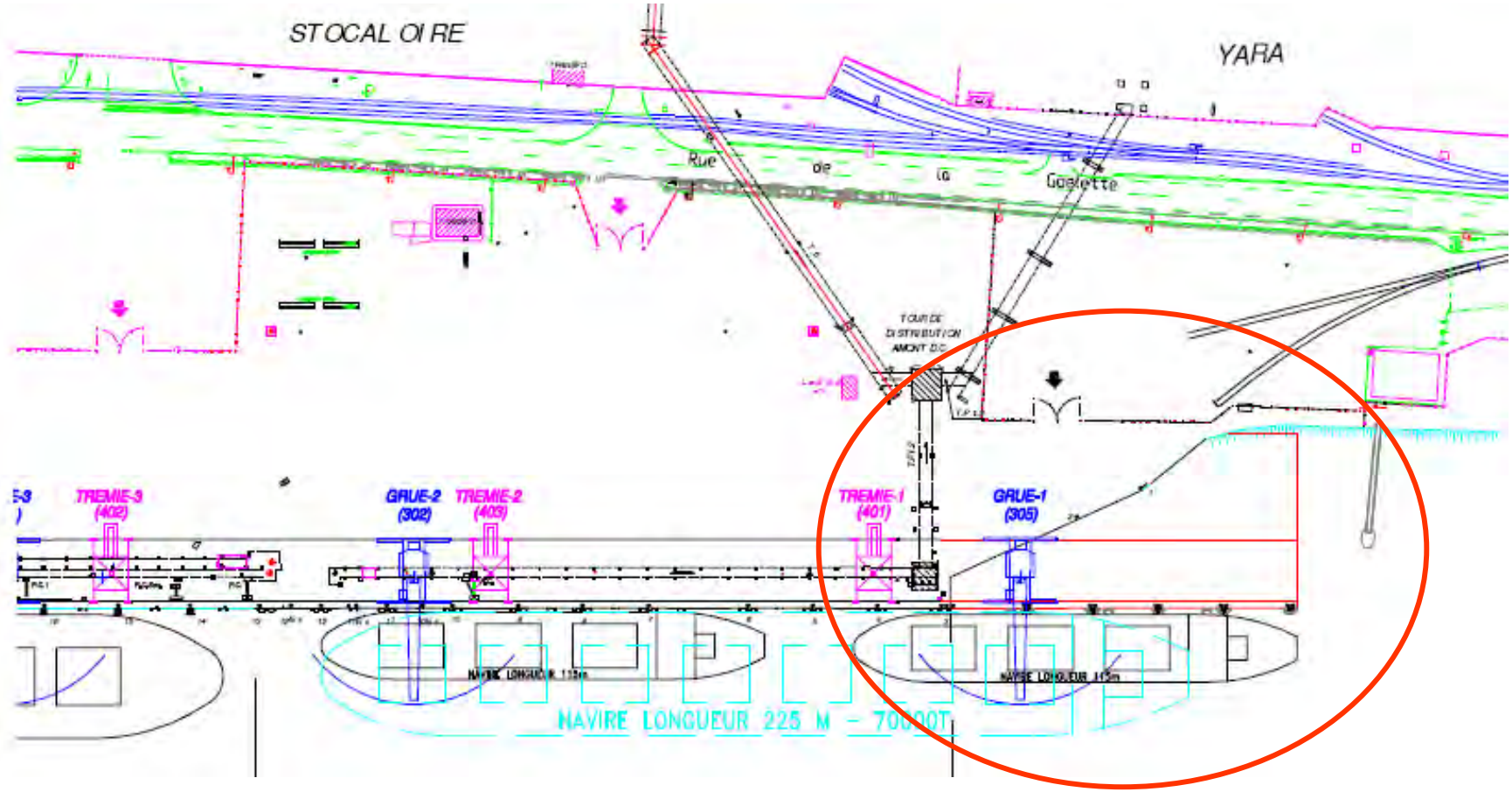


http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/accueil/publications/l-etat-de-l-art.html
http://www.infociments.fr/publications/genie-civil/collection-technique-cimbeton/ct-t93

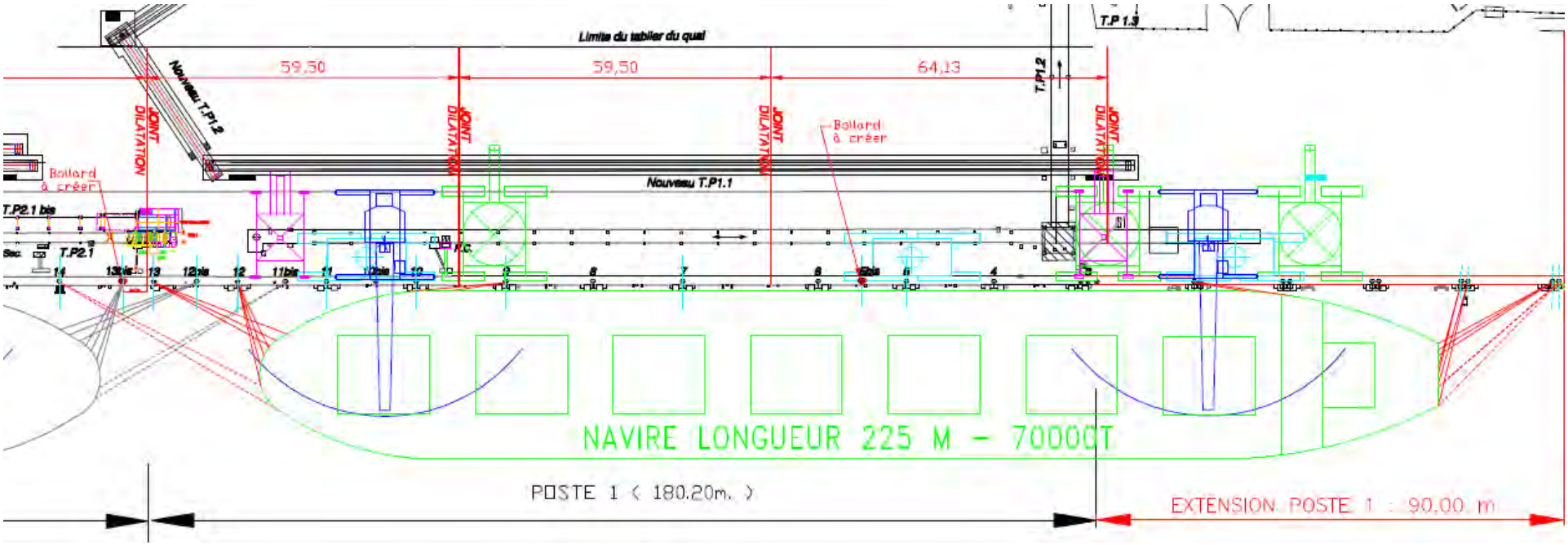
Merci de votre attention

Extension du terminal Agro-Alimentaire de Montoir

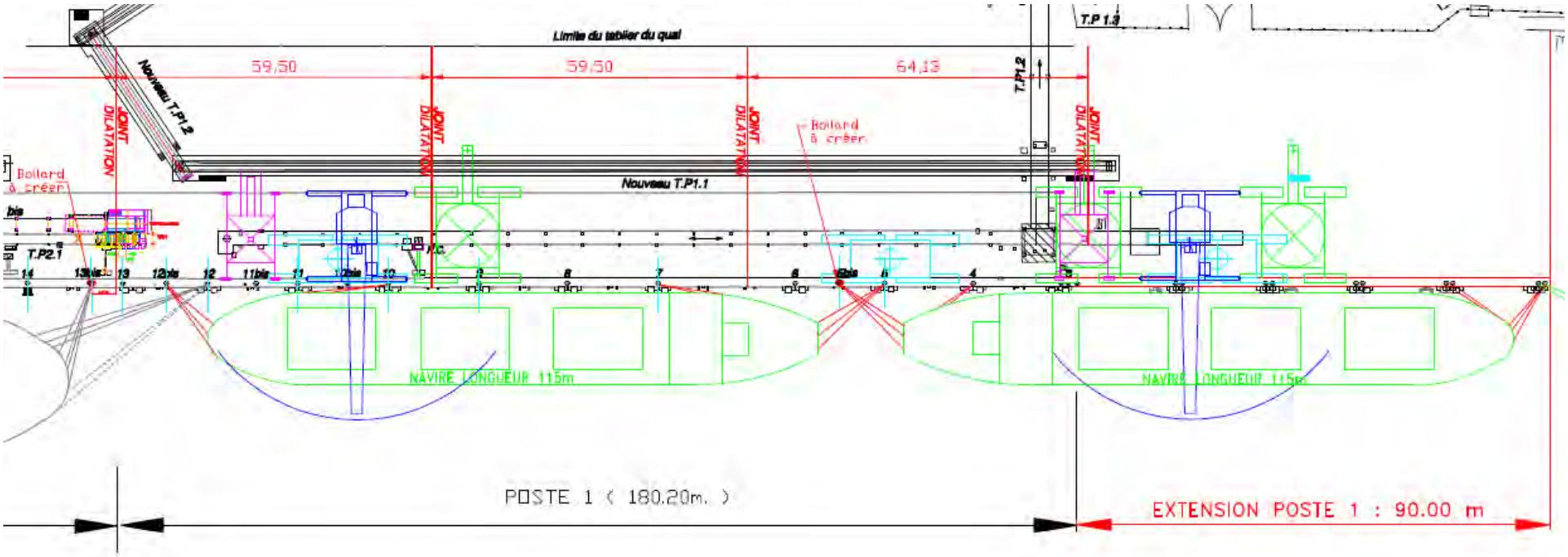
Extension du terminal Agro-Alimentaire de Montoir



Amarrage navire de 225 m cap aval



Amarrage navires de 115 m



Extension du terminal Agro-Alimentaire de Montoir

Extension du terminal Agro-Alimentaire de Montoir

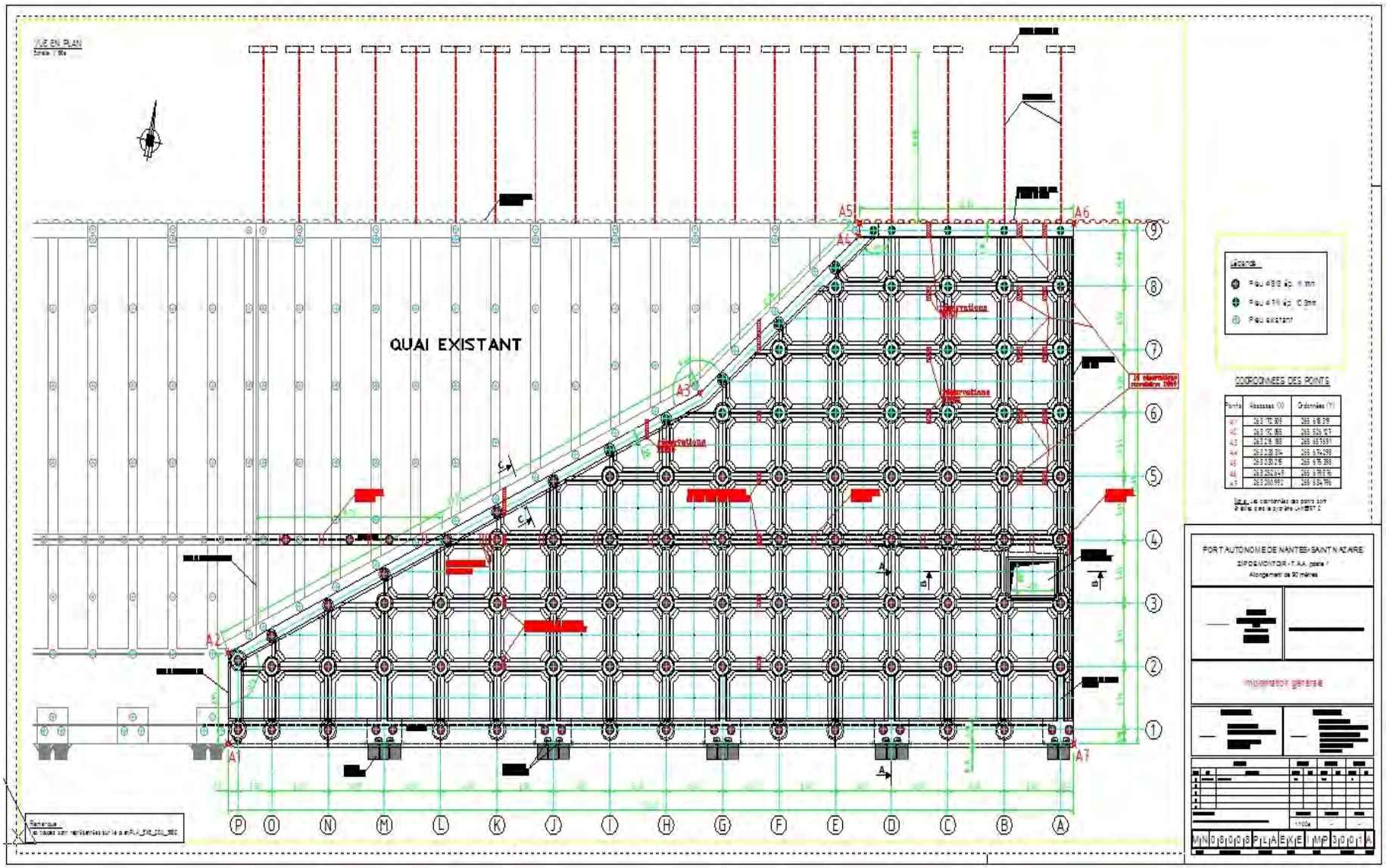
- L’ouvrage à construire est un prolongement de quai de 90 m de long en continuité du poste 1 du terminal agro-alimentaire.
- La structure du futur quai est celle d’un quai ouvert sur pieux à talus avec un tablier en béton armé de 35 cm d’épaisseur sur un réseau de poutres transversales et longitudinales de 95 cm de retombée. La maille moyenne du grillage de poutres est 5.80x5.40 m2.
- La jonction en « biseau » de l’actuelle structure implique une continuité mécanique entre l’ouvrage futur et l’existant, nécessitant son renforcement

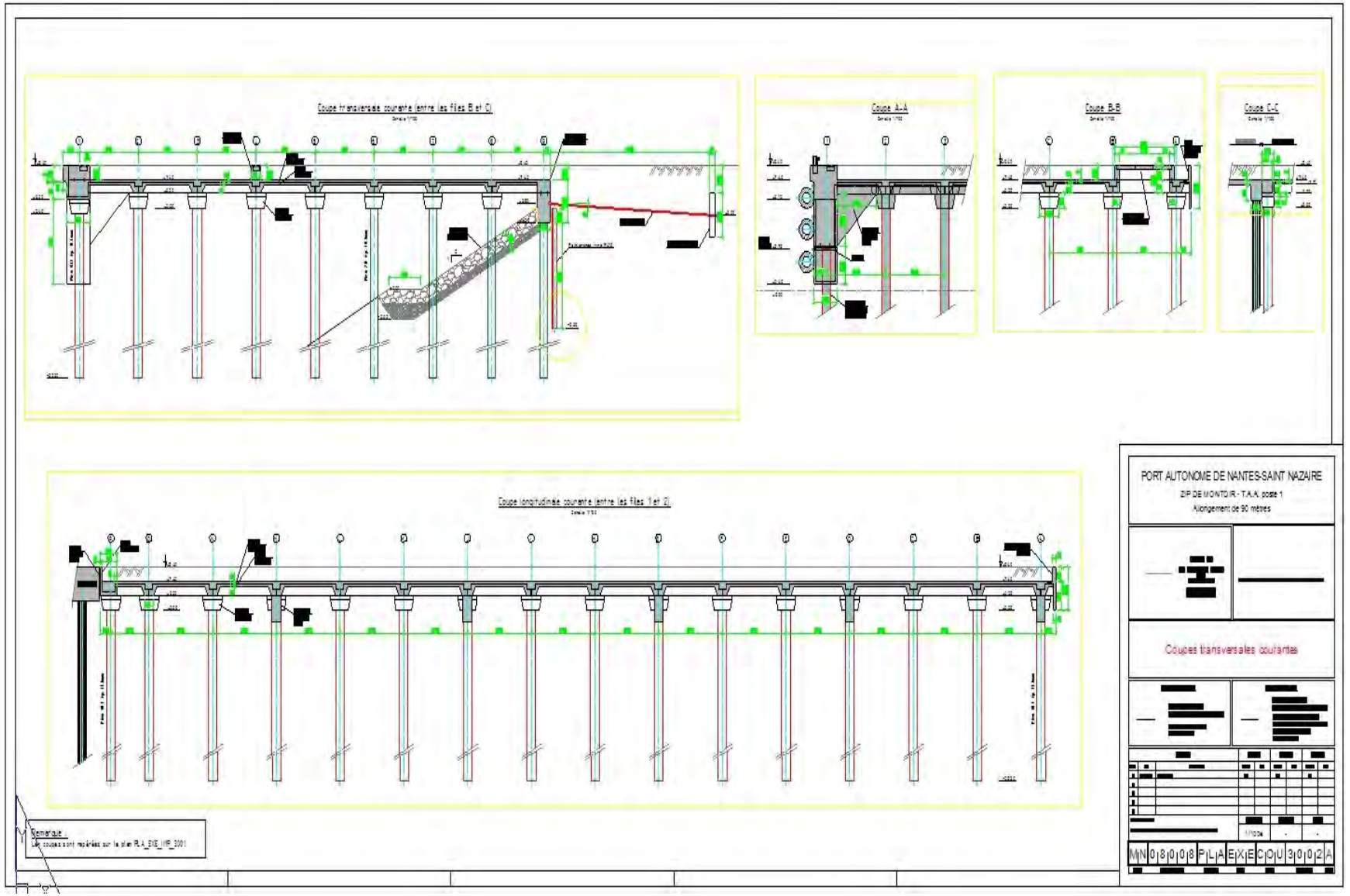
Extension du terminal Agro-Alimentaire de Montoir

- En solution variante, l’entreprise propose de modifier la structure proposée pour le tablier par un ensemble de caissons rectangulaires de taille moyenne 5.55m x 6.00m , préfabriqués sur le site, et prenant appuis sur des chapiteaux cylindriques de 2.00 m de diamètre, également préfabriqués sur site.

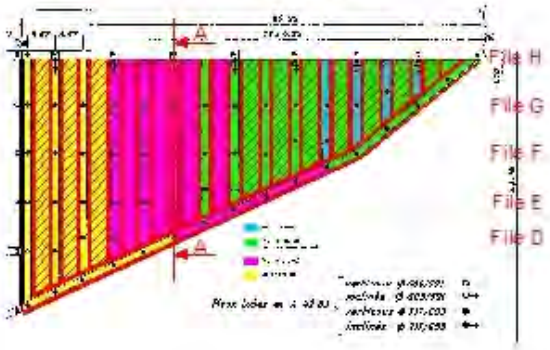
Caissons rectangulaires de 5.55x6.00 m2

Chapiteaux cylindriques

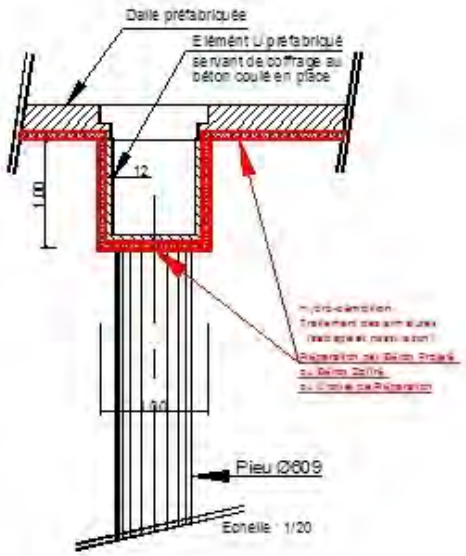

VUE EN PLAN
QUAI EXISTANT
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
P O N M L K J I H G F E D C B A
9 8 7 6 5 4 3 2 1
Légende
COORDONNEES DES POINTS
PORT AUTONOME DE NANTES-SAINT NAZAIRE
ZIP DE MONTOIR-T.AA. poste 1
Allongement de 90 mètres
implantation générale


Coupe transversale courante (entre les files B et C)
Coupe A-A
Coupe B-B
Coupe C-C
Coupe longitudinale courante (entre les files 1 et 2)
Remarque :
PORT AUTONOME DE NANTES-SAINT NAZAIRE
ZIP DE MONTOIR - T.A.A. poste 1
Allongement de 90 mètres
Coupes transversales courantes
MN 0 8 0 0 8 PLA EXE COU 3 0 0 2 A

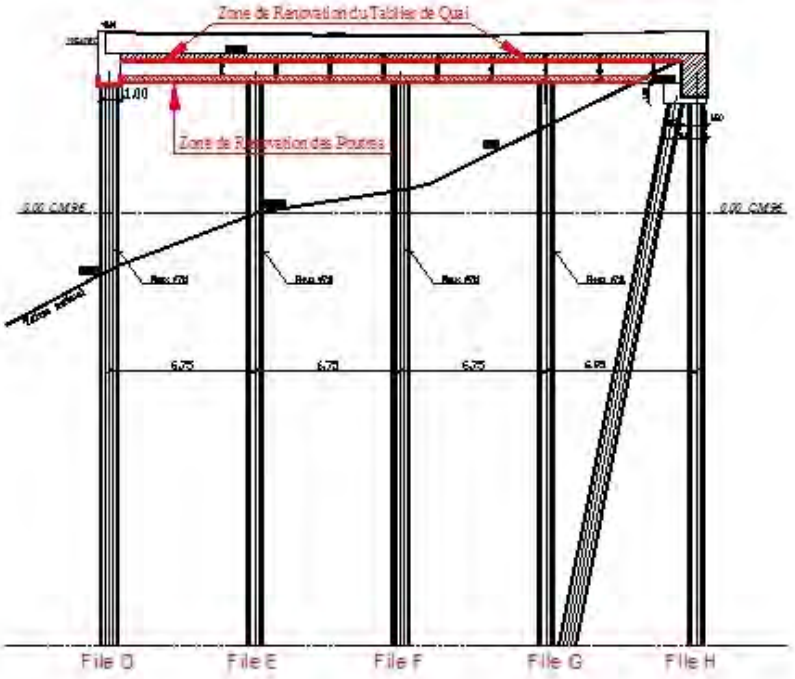
TAA-POSTE 1- PARTIE TRIANGULAIRE
VUE EN PLAN



Détail des Travaux
de Rénovation



COUPE A-A



reconnaissances géotechniques depuis une plateforme auto élévatrice

Préparation du chantier

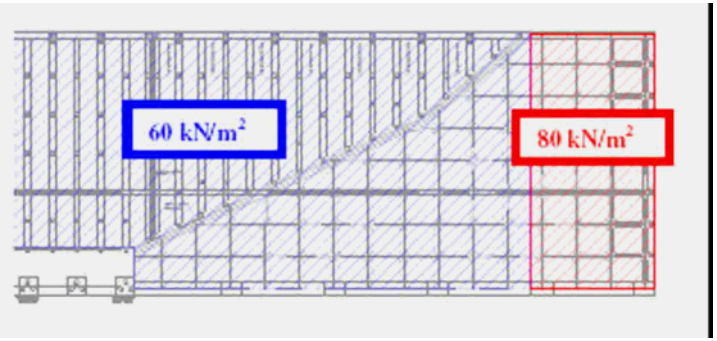
Installations de chantier sur la berge

Les cantonnements

Aires de préfabrication, stockage et ferraillage en arrière de l’extension à construire.

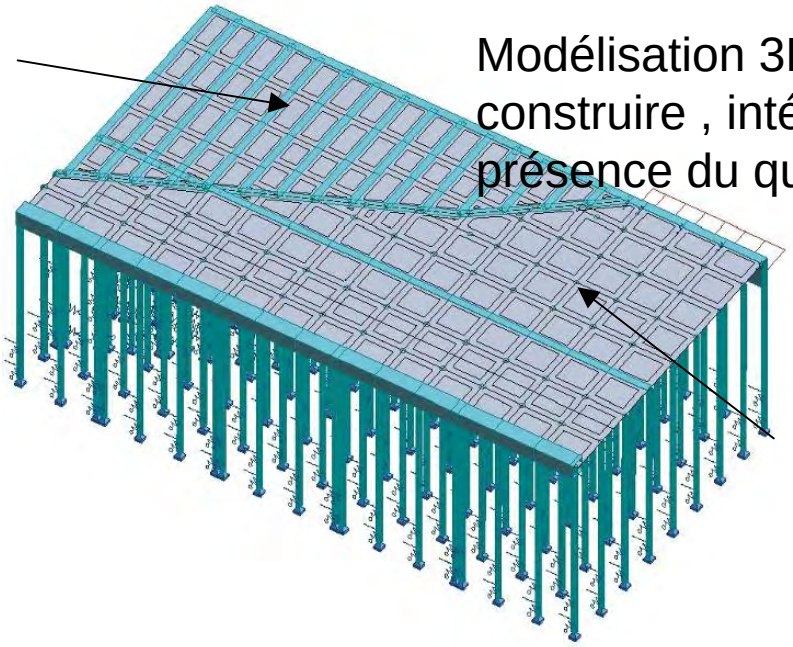
Préparation du chantier : Les études d'exécution

- Le dimensionnement de l'ouvrage pour son l'exécution a été réalisé grâce à une modélisation aux éléments finis en 3D exécutée à l'aide du logiciel ROBOT millénium V20.1.
- Cette prestation, ainsi que l'ensemble des plans de coffrages et d'armatures, a été exécutée en interne au sein du BET de l'entreprise. L'étude en 3 D de l'ouvrage a permis de proposer une solution variante parfaitement optimisée et donc plus économique(économie de béton de presque 15% entre la solution de base et la variante).



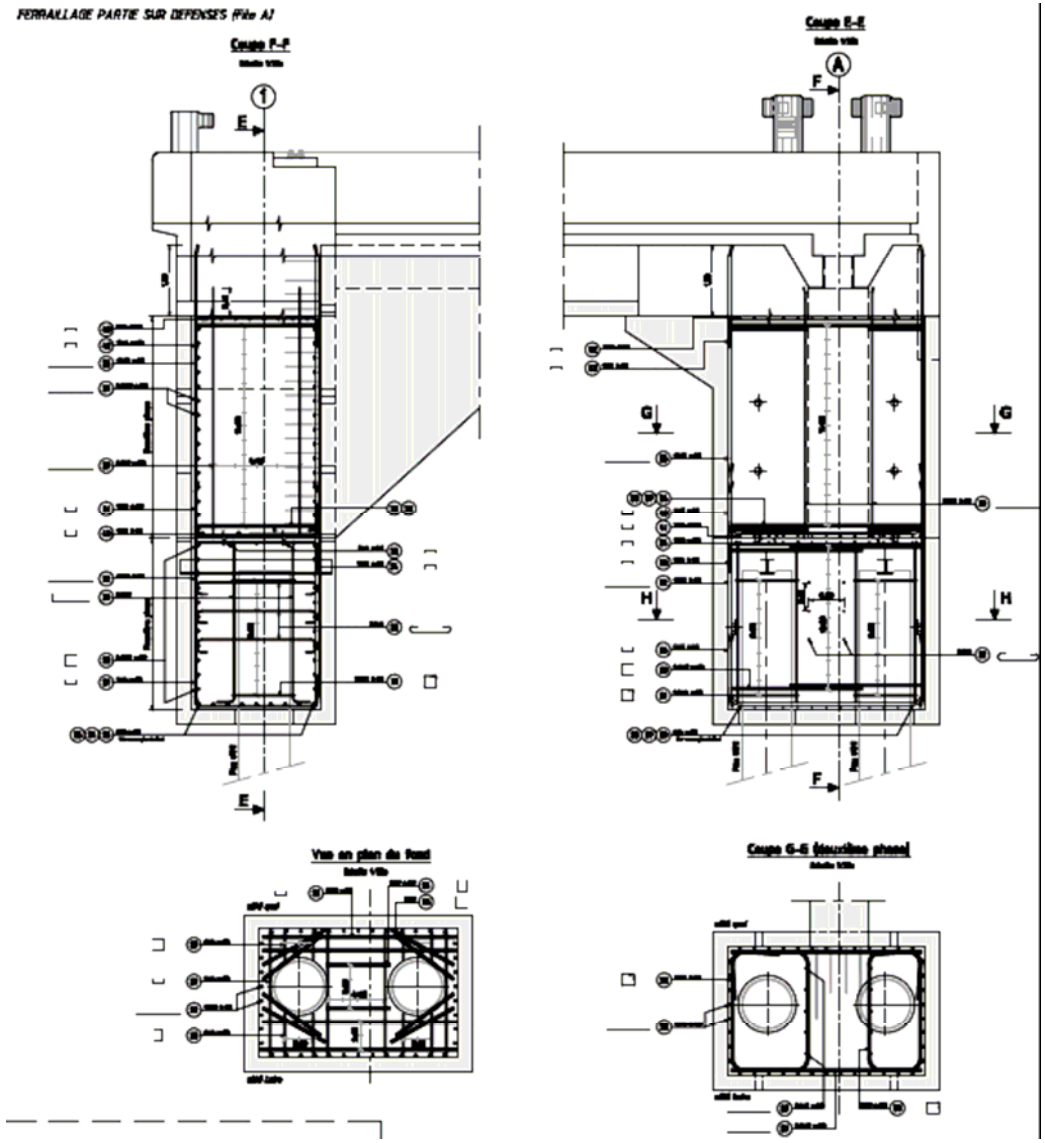
charges

Quai existant



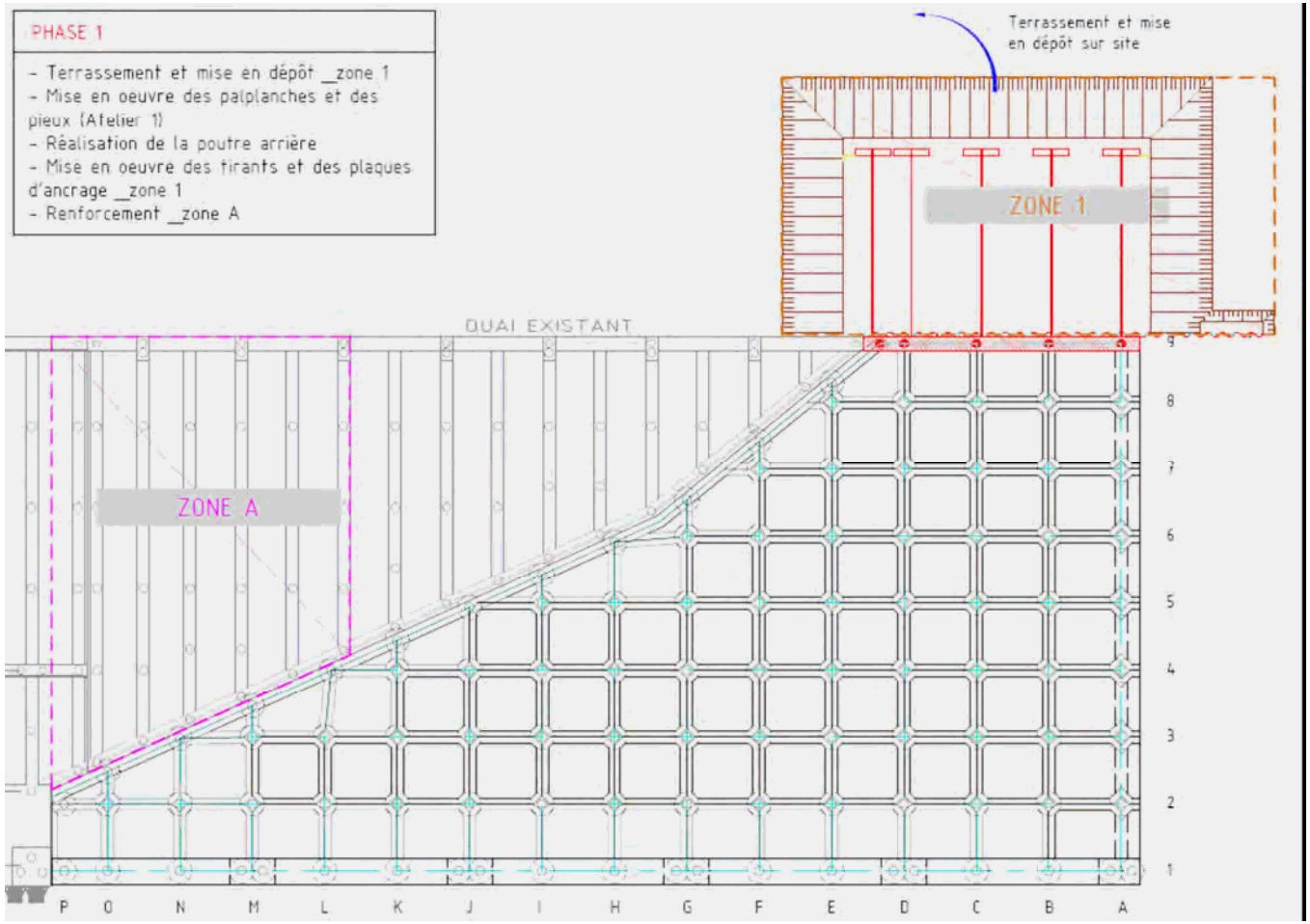
Modélisation 3D du quai à construire , intégrant la présence du quai existant.

Quai à construire

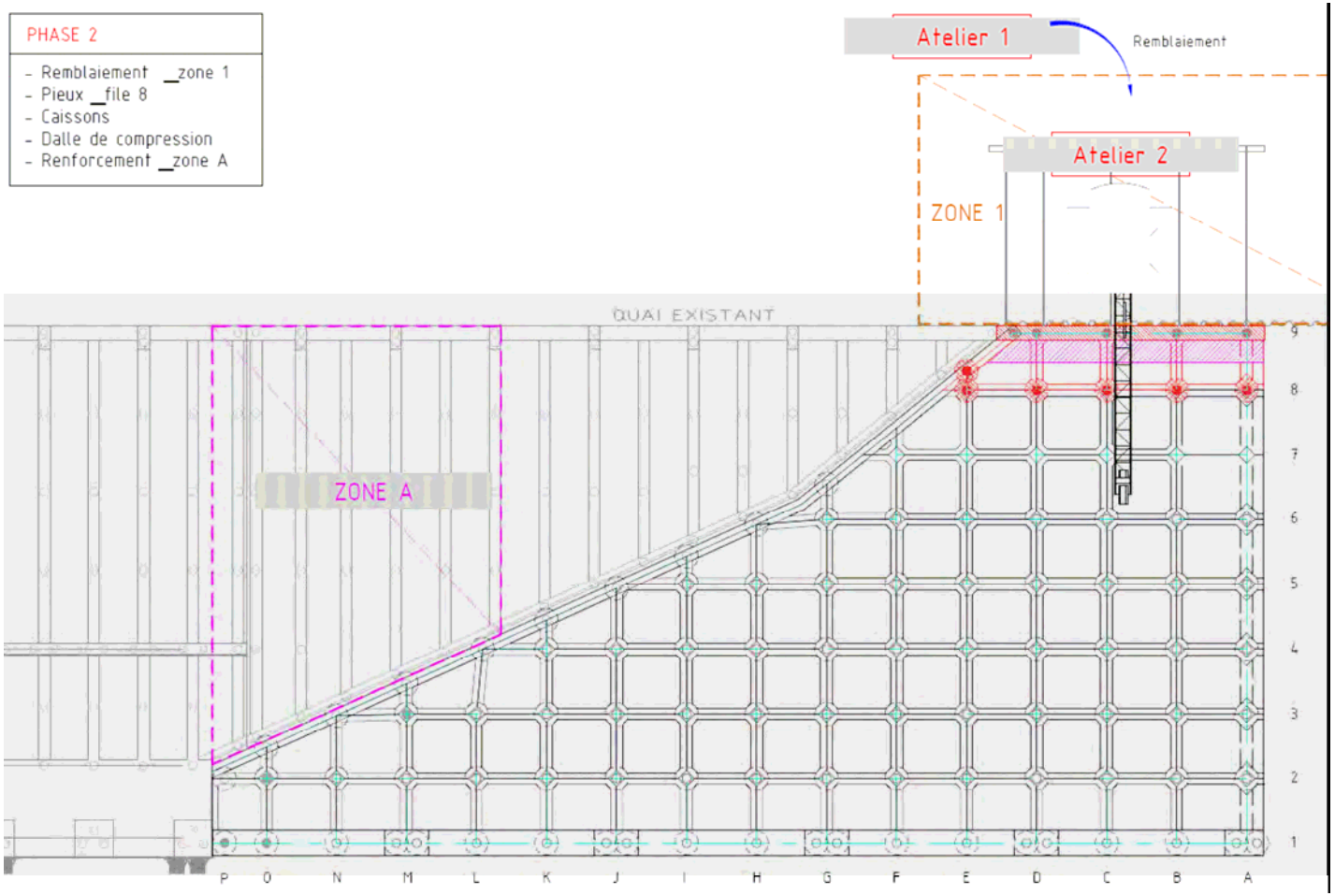


Exemple de plan de ferraillage (poutre d’accostage)

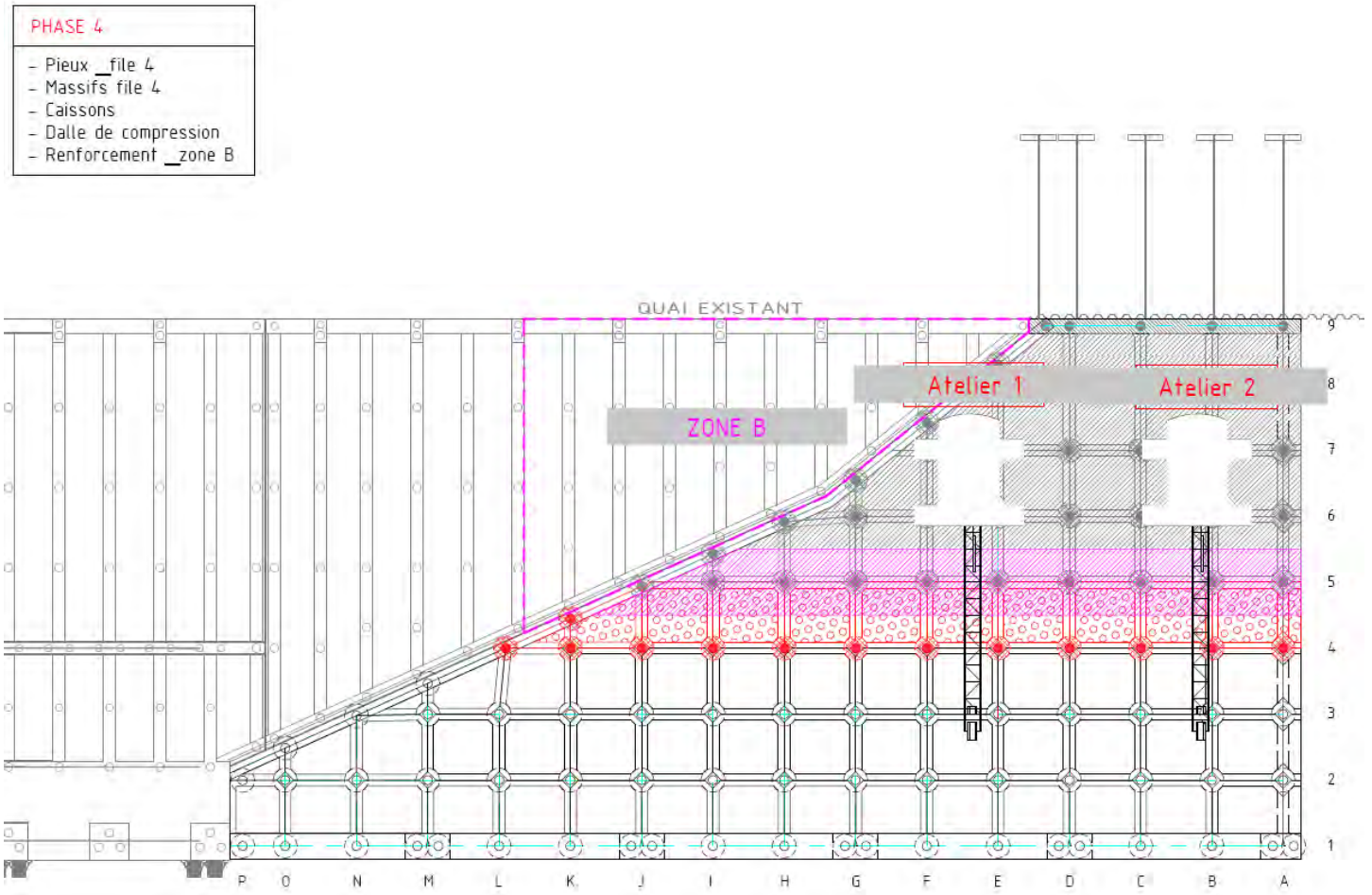
Phasage d’exécution



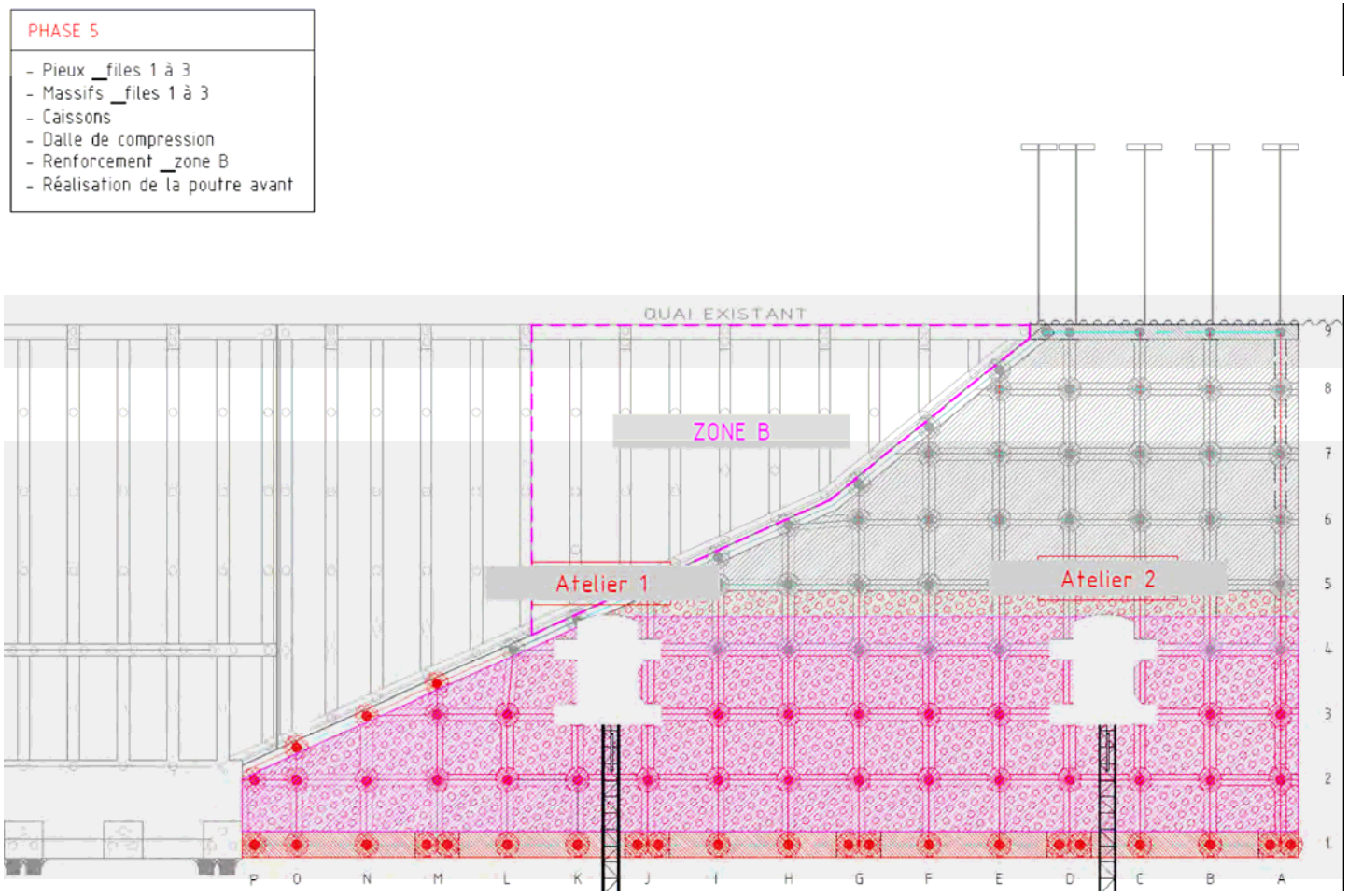
Phasage d’exécution



Phasage d’exécution



Phasage d’exécution



LES BETONS NORME NF EN 206-1 UTILISES SUR LE CHANTIER

Les exigences du CCTP
Le prescripteur

Parties d'ouvrages	Classe de résistance minimale à la compression	Classe d'exposition et de teneur en chlorure	D max nominal des granulats en mm	Classe de consistance proposée	Dosage minimal en ciment C (kg/m3)	Rapport maximal $E_{eff}/liant_{eq}$	Caractéristiques complé-mentaires du ciment	Caractéristiques complé-mentaires du béton
Remplissage des pieux tubes	C 35/45	XC4 XS3 XA2 Cl 0,2	25 mm	S4	350	0,5	Ciment PMES	RAG
Poutres et dalles	C 40/50	XC4 XS3 XA2 Cl 0,2	25 mm	S2 ou S3	350	0,45	Ciment PMES	RAG EQP LCH

Les exigences de l'entreprise
L'utilisateur

- Pour le béton de structure C40/50 :
  - fcj à 48h00 > à 20 MPa pour le positionnement de la grue au travail.
  - fcj à 24h00 > 15 MPa pour assurer le décoffrage des pièces lourdes.

Norme NF EN 206-1

Tableau NA.F.1 — Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition

		Classes d'exposition																
		Aucun risque de corrosion ou d'attaque	Corrosion induite par carbonatation				Corrosion induite par les chlorures						Attaque gel / dégel				Environnements chimiquement agressifs		
							Eau de mer			Chlorures autres que l'eau de mer									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3 [a) m)]	XF1 [b)]	XF2 [b)]	XF3 [b) c)]	XF4 [b) c)]	XA1	XA2	XA3
	Rapport E_{eff}/liant éq maximal [d)]	—	0,65	Valeurs numériques identiques à XC1 [f)]	Valeurs numériques identiques à XF1 [f)]	Valeurs numériques identiques à XF1 [f) g)]	Valeurs numériques identiques à XS2 [f)]	0,55	0,50	Valeurs numériques identiques à XF1 [f)]	0,55	0,50	0,60	0,55	0,55	0,45	0,55	0,50	0,45
	Classe de résistance minimale	—	C20/25					C30/37	C35/45		C30/37	C35/45	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50
	Teneur mini en liant éq (kg/m^3) [d) e)]	150	260 [h)]					330	350		330	350	280 [h)]	300	315	340	330	350	385
	Teneur minimale en air (%)	—	—					—	—		—	—	—	4 [i)]	4 [i)]	4 [i)]	—	—	—
Rapport maximal A/(A+C)	Cendres volantes	0,30	0,30					0,15	0,15		0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,15 [j)]	0,30 [k)]	0,30 [k)]	0,00
	Fumées de silice	0,10	0,10					0,10	0,10		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Laitier moulu	0,30	0,30					0,15	0,15		0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,15	0,30 [k)]	0,30 [k)]	0,00
	Addition calcaire	0,25	0,25					0,05	0,05		0,05	0,05	0,25	0,25	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00
	Addition siliceuse	0,20	0,20					0,15	0,15		0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00
	Nature du ciment	—	—					PM [l)]	PM [l)]		—	—	—	—	—	m)	n)	n)	n)

- Béton de pieux : 1400 m3
- Désignation

C35/45 CEM I 52,5N PMES LH D22 S4 XA2 CL0,20 Pieux

L'exigence CL0,20 implique l'utilisation de CEM I du Havre.

C 35/45	XC4 XS3 XA2 Cl 0,2	25 mm	S4	350	0,5	Ciment PMES	RAG

Composition

Type	Constituant	Libellé	Quantité	U
Sables 1	0/4 VAU	0/4 Vaugirault	870	KG
Gravillons 1	4/10 VIAUD	4/10 Saint Viaud	320	KG
Gravillons 2	11/22 VIAU	11,2/22,4 Saint Viaud	630	KG
Ciments 1	I52ES LH	CEM I 52,5N PM ES CP2 Le Havre	351	KG
Additions 1	AC HP ERB	Ac Betocarb HP Erbray	50	KG
Adjuvants 1	SP6	Glenium SP6	0.6	%CC+CA
Eaux 1	EAU RECYCL	x EAU RECYCLEE à ne plus utiliser	185	L

- Béton de structure : 2500 m3
- Désignation :

C40/50 CEM I 52,5N PMES LH D22 S3 XA3 CL0,20

C 40/50	XC4 XS3 XA2 Cl 0,2	25 mm	S2 ou S3	350	0,45	Ciment PMES	RAG EQP LCH

Type	Constituant	Libellé	Quantité	U
Sables 1	0/4 VAU	0/4 Vaugirault	830	KG
Gravillons 1	4/10 VIAUD	4/10 Saint Viaud	350	KG
Gravillons 2	11/22 VIAU	11,2/22,4 Saint Viaud	730	KG
Ciments 1	I52ES LH	CEM I 52,5N PM ES CP2 Le Havre	377	KG
Adjuvants 1	SP6	Glenium SP6	0.7	%CC+CA
Eaux 1	EAU RECYCL	x EAU RECYCLEE à ne plus utiliser	175	L

Résultats des convenances sur C35/45

Identification Prélèvement

Nom de la centrale à béton	TRIGNAC
N° essai	1566
Date, heure de fabrication	10/09/2008 08:32
N° bon de livraison	99625
Type de contrôle	Convenance
Lieu de prélèvement	Centrale
Laboratoire	LBPL
Opérateur	Emmanuel DAVID
Eprouvettes prélevées - Vol.	Cylindre 11,3x22 Carton - 2.22
Mode de mise en place	Piqué
Date retour éprouvette labo.	11/09/2008
Maître d'oeuvre	
Famille norme	

Identification Béton

Code béton	FNEH9MKCDB
Libellé commercial	C35/45 CEM I 52,5N PMES LH D22 S4 XA2 CL0,20
Type de béton	NF
Exposition	XA2 (F)
Classe chlorure	CL0,20
Dosage min EN-206-1	Kg/m3
Dosage BL	Kg/m3
Dmax	
Consistance demandée	
Ciment	CEM I 52,5N PMES CP2
Addition	Calcaires
Adjuvant 1	F/HR à 0.60%
Adjuvant 2	
Adjuvant 3	

Résistances mécaniques

Ech.	Mode Ecr.(1)	Date	Valeurs écrasements						R.moy.	RC28 equi. (2)	Masses éprouvettes						M.moy.
			r 1	r 2	r 3	r 4	r 5	r 6			m 1	m 2	m 3	m 4	m 5	m 6	
28J	C	08/10/2008	41.50	39.60	39.80				40.30	39.50	5.160	5.140	5.120				5.140
7J	C	17/09/2008	31.10	32.00	31.00				31.37		5.180	5.140	5.220				5.180

Résultats des convenances sur C40/50

Identification Prélèvement

Nom de la centrale à béton	TRIGNAC
N° essai	1564
Date, heure de fabrication	10/09/2008 09:49
N° bon de livraison	99633
Type de contrôle	Convenance
Lieu de prélèvement	Centrale
Laboratoire	LBPL
Opérateur	Emmanuel DAVID
Eprouvettes prélevées - Vol.	Cylindre 16x32 Carton - 6.400
Mode de mise en place	Piqué
Date retour éprouvette labo.	11/09/2008
Maître d'oeuvre	
Famille norme	

Identification Béton

Code béton	B40H1IKC00
Libellé commercial	C40/50 CEM I 52,5N PMES LH D22 S3 XA3 CL0,20
Type de béton	NF
Exposition	XA3 (F)
Classe chlorure	CL0,20
Dosage min EN-206-1	Kg/m3
Dosage BL	Kg/m3
Dmax	
Consistance demandée	
Ciment	CEM I 52,5N PMES CP2
Addition	
Adjuvant 1	F/HR à 0.60%
Adjuvant 2	
Adjuvant 3	

Résistances mécaniques

Ech.	Mode Ecr.(1)	Date	Valeurs écrasements						R.moy.	RC28 equi. (2)	Masses éprouvettes						M.moy.
			r 1	r 2	r 3	r 4	r 5	r 6			m 1	m 2	m 3	m 4	m 5	m 6	
28J	C	08/10/2008	54.90	55.80	51.90				54.20	54.00	5.160	5.150	5.110				5.140
24H	C	11/09/2008	17.45	17.25					17.35		15.370	15.480					15.425
7J	C	17/09/2008	43.50	43.00	41.30				42.60		5.250	5.290	5.220				5.253

Les travaux

- Du battage de pieux et de palplanches
- De la préfabrication sur chantier
- De la pose et de l’assemblage par clavage d’éléments préfabriqués.

Les pieux

Le « raboutage » :

Les pieux sont livrés en 2 parties et assemblés sur site par soudage.

Longueur des pieux : 25.00 m environ.

Ø813/12 et 720/10

Ces pieux sont battus
« fermés » avec une pointe métallique.

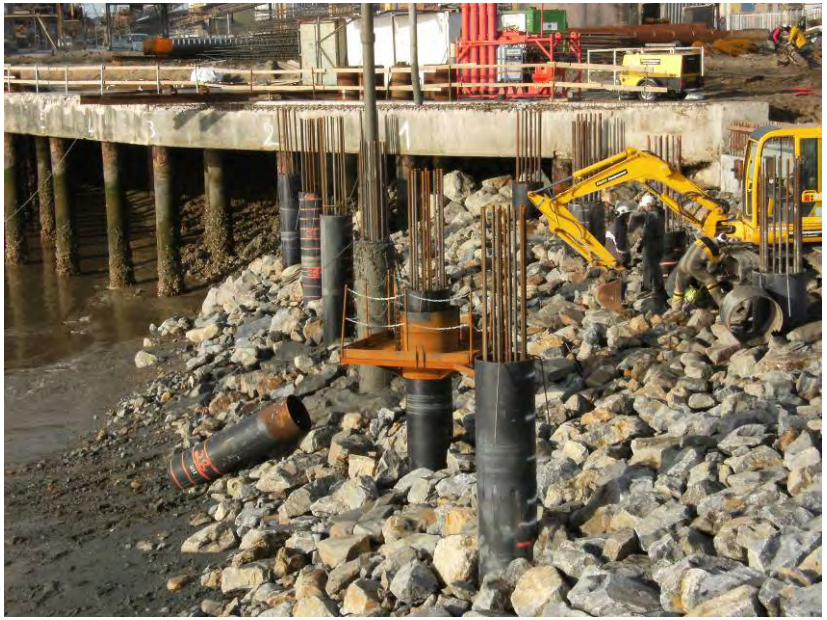
La manipulation, l’implantation et le guidage des pieux.

Mise en fiche et battage à l'aide d'un marteau hydraulique IHC S50

(énergie maxi : 50 Kj)

Les pieux sont bétonnés et armés sur toute leur hauteur.

Le bétonnage se fait au tube plongeur.



Le rideau de palplanches parafouille : mise en oeuvre par vibrofonçage

Coffrage, ferraillage de la poutre arrière

La préfabrication des pièces en béton armé : coffrage, ferraillage, manutention,stockage.

La préfabrication des pièces en béton armé : les massifs en tête de pieux

Commentaires sur la mise en oeuvre du béton

- Pour le béton de structure (préfabriqué ou clavage), la classe d'affaissement S3 a rendu le coulage assez aisé même dans les zones (nombreuses) particulièrement ferraillées.

Mise en oeuvre du béton

- Les coulages se sont effectués à la pompe ou à la benne, selon l'occupation des grues.

Mise en oeuvre du béton

- *Bétonnage par temps froid* :
- Les pièces préfabriquées ont été bâchées, la température sous les bâches étant préservée grâce à l'impulsion d'air chaud.
- Pour le bétonnage du hourdis, la forte exposition au vent du quai rendait difficile cette opération.
- Le maintien des bâches s'est avéré sur le quai souvent délicat

- **<u>Préparation des coffrages :</u>**
  - Concernant les coffrages des préfas, les fonds de moule ont été recouverts d'une peinture spéciale afin de donner un aspect poli aux surfaces coffrées.
  - Les parements sont enduits d'une huile de décoffrage à base d'huile végétale.
  - Cet ensemble a permis d'obtenir un aspect fini correct en terme de parement (parement soigné simple au sens du fascicule 65).
  - La difficulté d'avoir un bon parement reste néanmoins dans la recherche d'une étanchéité parfaite pour éviter les fuites de laitance.

Mise en oeuvre du béton

- **<u>Le serrage :</u>**
  - La vibration du béton s'est faite à l'aide de vibreurs électriques , plus confortables à l'utilisation et à l'entretien que les vibreurs pneumatiques.
  - Le diamètre des aiguilles :
    - 70 mm pour les bétons de masse.
    - 55 ou 60 mm pour les bétons courants.
    - 40 à 45 mm pour les zones difficiles (faible épaisseur et ferraillage important

La construction depuis la berge par assemblage des pièces préfabriquées

Construction par assemblage de préfa fortement ferraillés

Construction par assemblage de préfa

Construction à l'avancement depuis la berge

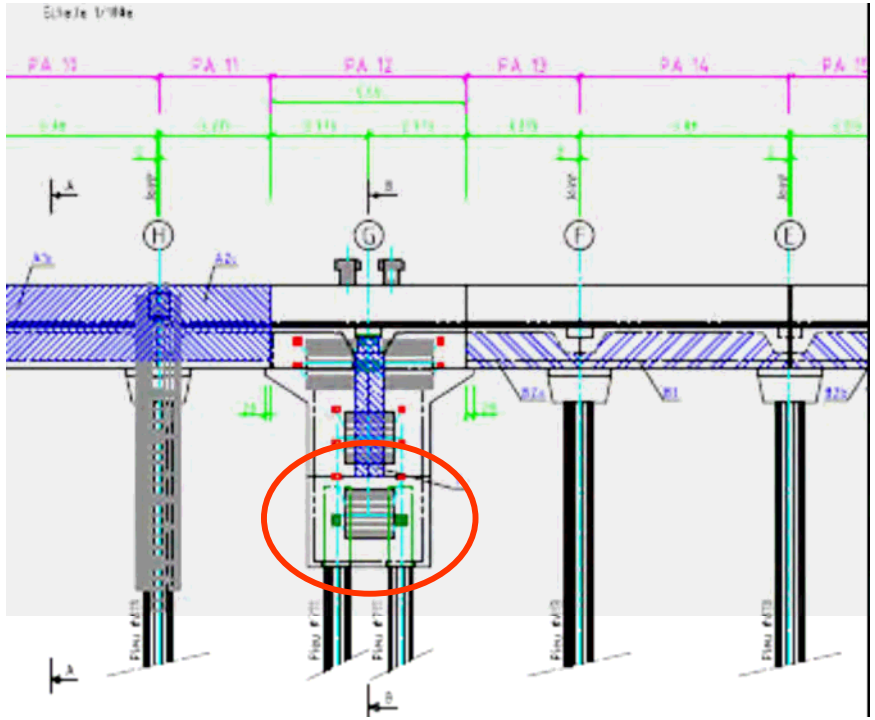
Construction à l'avancement depuis la berge

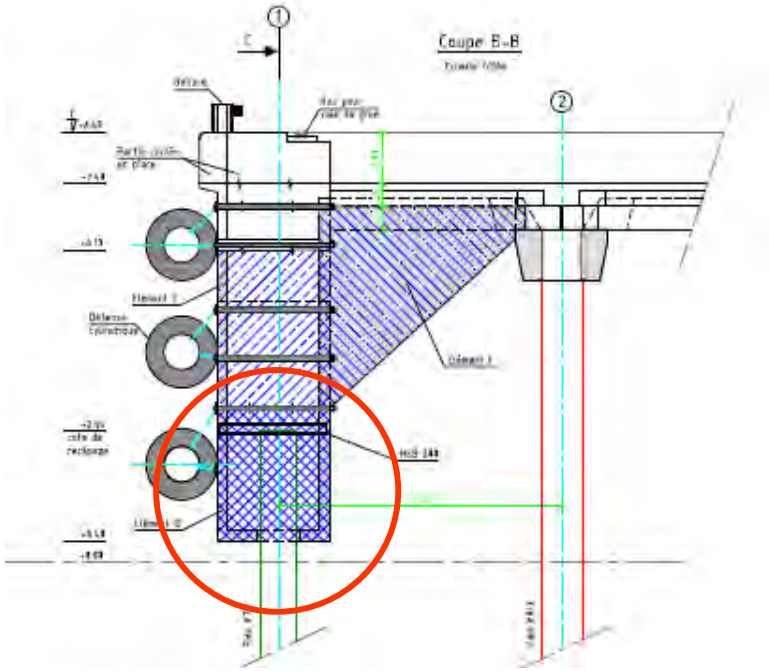
Positionnement de la grue pour le travail au droit d’une « poutre longitudinale » de caisson, 48H mini après avoir coulé le hourdi.

Construction à l'avancement depuis la berge

Construction à l'avancement depuis la berge

Caissons de la poutre d’accostage



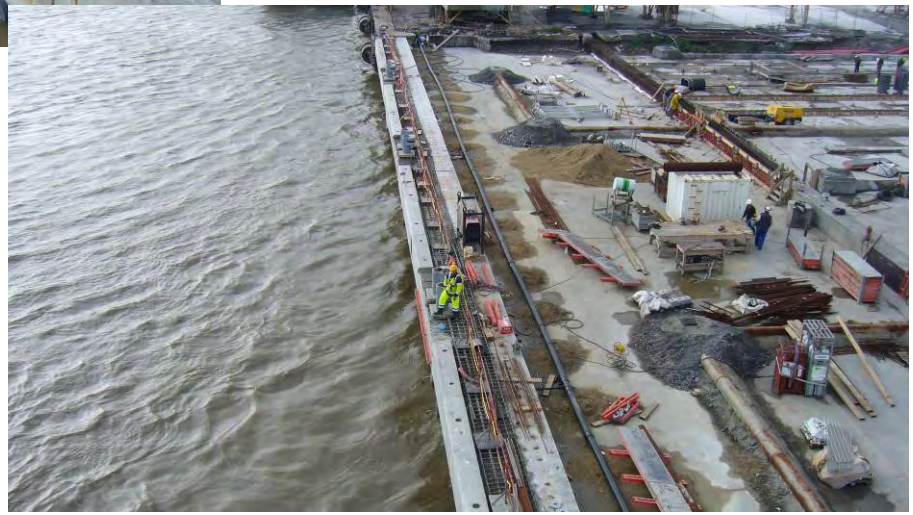


Construction à l'avancement depuis la berge

Caissons de la poutre d’accostage

Construction à l'avancement depuis la berge

Poutre d’accostage



Pathologie de l’ancien quai : réparations

pathologie

hydrodémolition

Béton coffré

Béton projeté par voie sèche

Quelques chiffres

Quai — **4 300 k€ HT** pour une surface de 2000 m2 environ.

Réparation — **900 k€ HT** pour une surface de 2000 m2 environ.

DELAI — **10 mois**

Entreprise — **SEMEN TP**