

LES BETONS EN SITE MARITIME

Présentation du guide technique
CETMEF et visite du chantier
« Port 2000 »

Le Havre, le 15 septembre 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 « Port 2000 »**
Présentation générale du Port et du projet Port 2000
Spécificités des bétons des quais « Port 2000 »
Fabrication des bétons
- **VISITE DU CHANTIER «Port 2000 »**

DPMVN

Organisation

et

Activités :
Expertises, ingénierie
et productions méthodologiques

DPMVN : DOPM - DOFNI – DAST

CDPMVN : Brahim Benaissa



DPMVN

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



Activités 2009

- Production méthodologique :
 - Finalisation des productions VN en cours (défense de berges, automatisation et sécurité)
 - **Productions ERA - DIPM...**,
 - 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

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 (CIMbéton)
- Formation :
 - ENPC – PFE : Aménagements fluviaux (1,2),
 - ENTPE : Voie d'approfondissement (GC & EL),
 - SINAVI pour DR - VNF.

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 »
- Document méthodologique sur les pathologies de gonflement des maçonneries en site maritime
- Guide sur la réparation du béton des ouvrages maritimes



ERA : Les productions en cours

- Guide d'application de la méthode VSC à la gestion d'un parc d'ouvrages portuaires
- Etude sur l'utilisation de béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP) dans les ouvrages maritimes
- 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





L'industrie cimentière Française



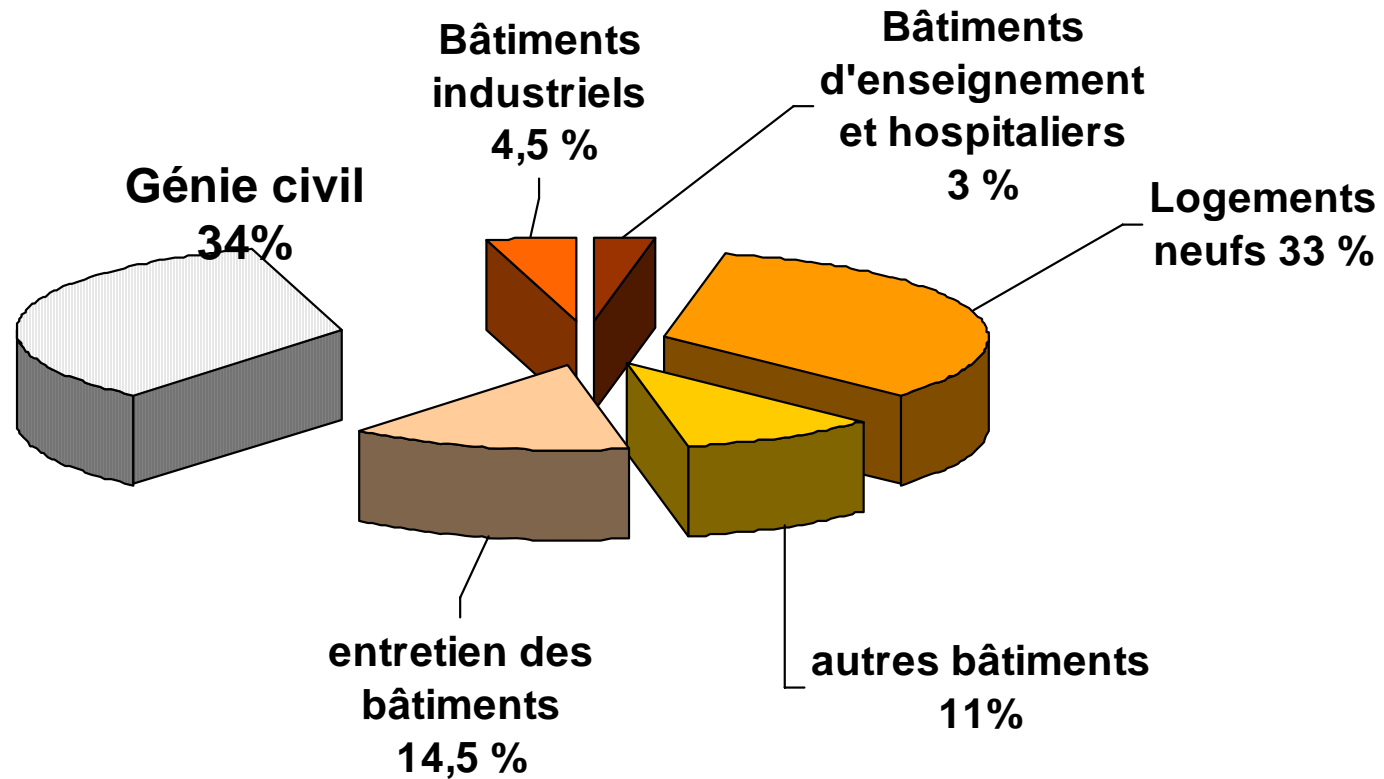
Qui sommes nous?

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



Flux du ciment



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

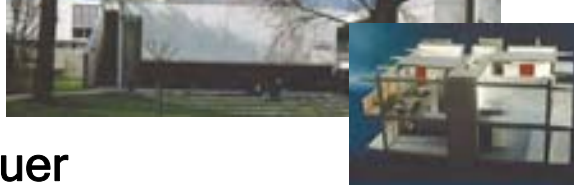


*Organisme professionnel de l'industrie cimentière,
Cimbéton a pour vocation de
faire connaître les progrès techniques
des ciments et bétons dans les secteurs de la construction :
Bâtiment-Travaux routiers-
Ouvrages d'art et Génie Civil.*

écoute, partenariat & innovation

➔ Analyser

les besoins des acteurs de la construction et les tendances du marché



➔ 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

➔ Participer
avec ses partenaires,
au développement d'innovations



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...



communiquer & promouvoir

➔ Collection technique

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



communiquer & promouvoir

➔ Revues professionnelles

- ✓ Construction Moderne
- ✓ Routes



➔ Internet

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



former & sensibiliser

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



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

- ➔ Modules de conférences

DIFFUSER LA BONNE CONNAISSANCE DE CE QUI EST POSSIBLE





LE NOUVEAU CONTEXTE NORMATIF EUROPEEN DES BETONS



**Patrick Guiraud,
CIMbêton**



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.

<i>ex</i> : 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 EUROPEENNE ET DES PAYS DE L'AELE.**



LA DIRECTIVE SUR LES PRODUITS DE CONSTRUCTION

LA DPC EST FONDÉE 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

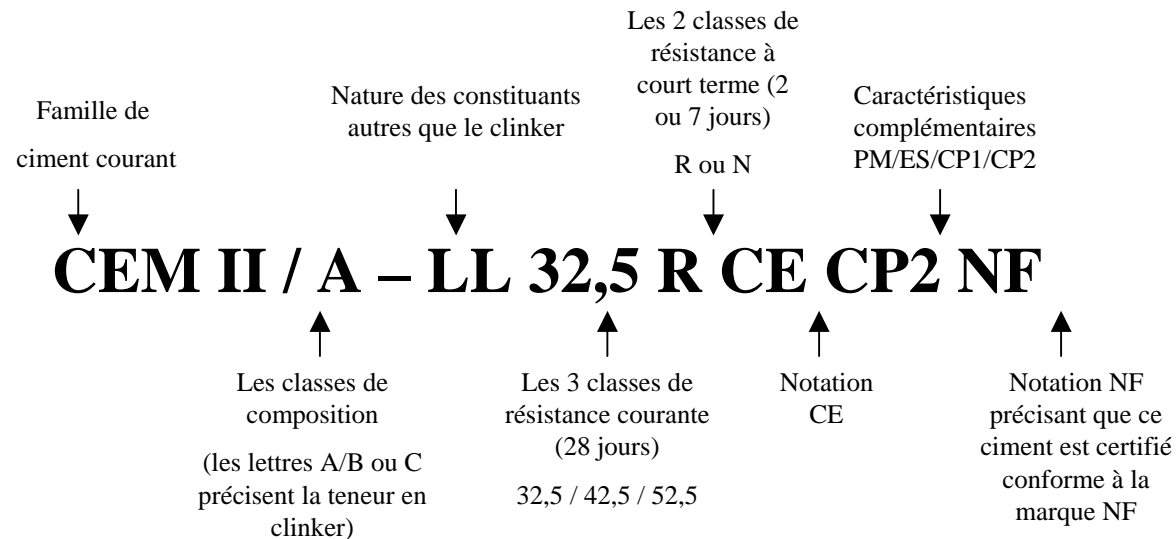
LES CLASSES DE RÉSISTANCE

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

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 (FUMÉES 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 réglementations 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 réglementairement 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 garanties 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 ou 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. Certaines 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 FUMÉES 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



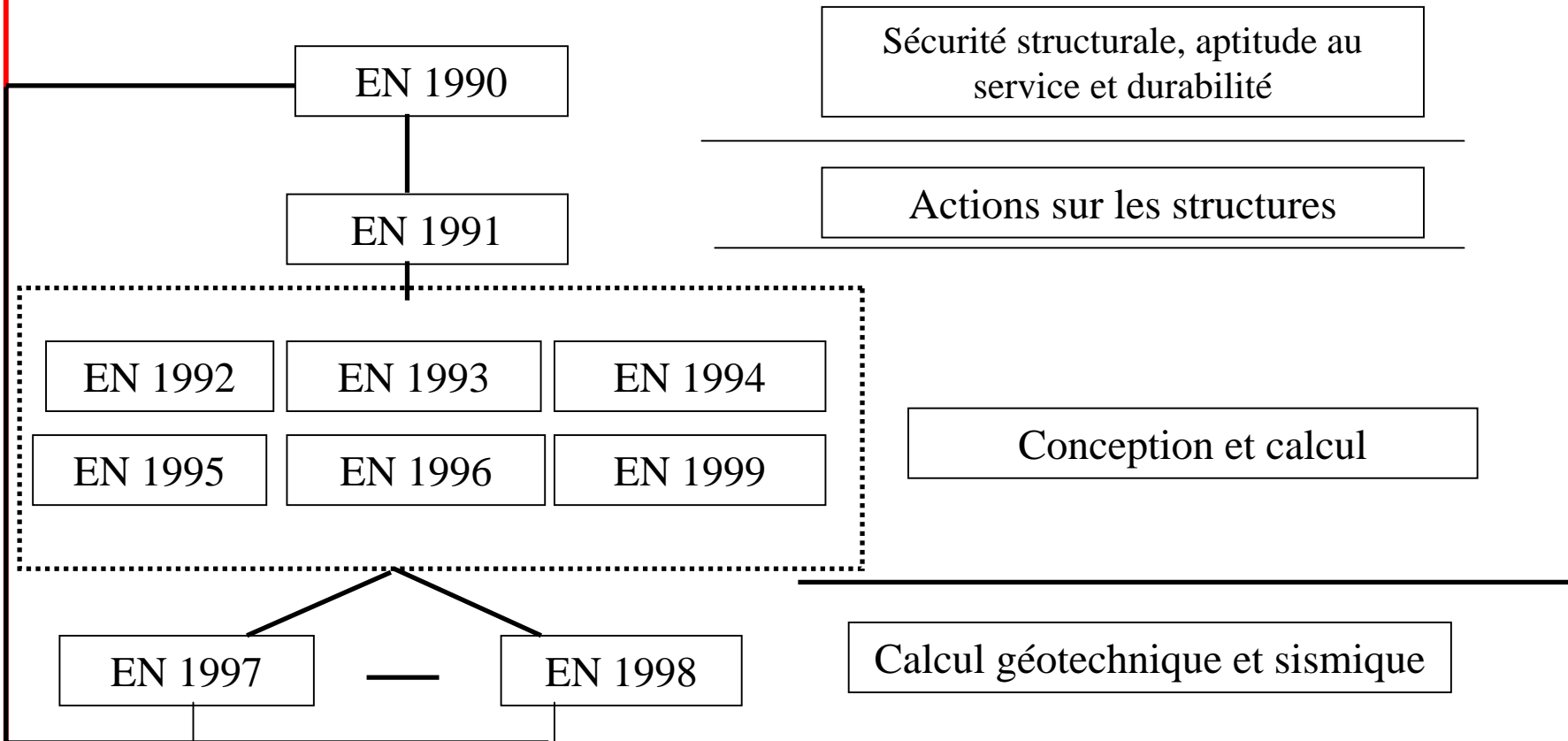
LES EUROCODES

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



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 PRECONTRAIT,
- 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.

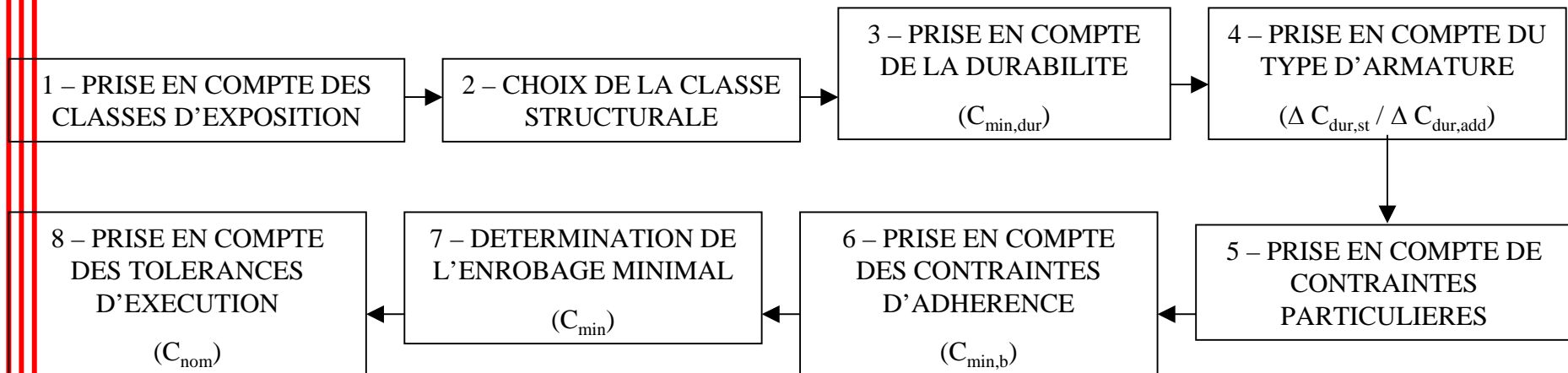
LES EUROCODES

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

2

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

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



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						
	<i>X0</i>	<i>XC1</i>	<i>XC2</i> <i>XC3</i>	<i>XC4</i>	<i>XD1</i> <i>XD2</i>	<i>XD3</i> <i>XS2</i>	<i>XD3</i> <i>XS3</i>
<i>S1</i>	10	10	10	15	20	25	30
<i>S2</i>	10	10	15	20	25	30	35
<i>S3</i>	10	10	20	25	30	35	40
<i>S4</i>	10	15	25	30	35	40	45
<i>S5</i>	15	20	30	35	40	45	50
<i>S6</i>	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 :
 $R_c < 50 \text{ MPa} / R_c > 50 \text{ MPa}$

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

<ul style="list-style-type: none">• GEL FAIBLE : moins de 3 jours/an avec une température $< -5^{\circ}\text{C}$	<ul style="list-style-type: none">• Gel faible ou modéré	XF1 (sans agent de déverglaçage) XF2 (avec agent de déverglaçage)
<ul style="list-style-type: none">• GEL SÉVÈRE : plus de 10 jours/an avec une température $< -10^{\circ}\text{C}$	<ul style="list-style-type: none">• Gel sévère	XF3 (sans agent de déverglaçage) XF4 (avec agent de déverglaçage)
<ul style="list-style-type: none">• 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



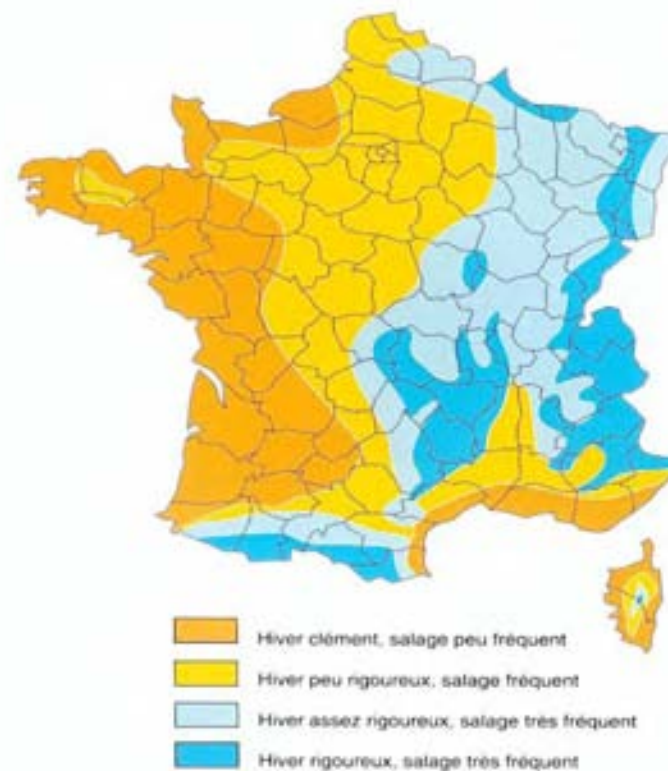
FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

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.

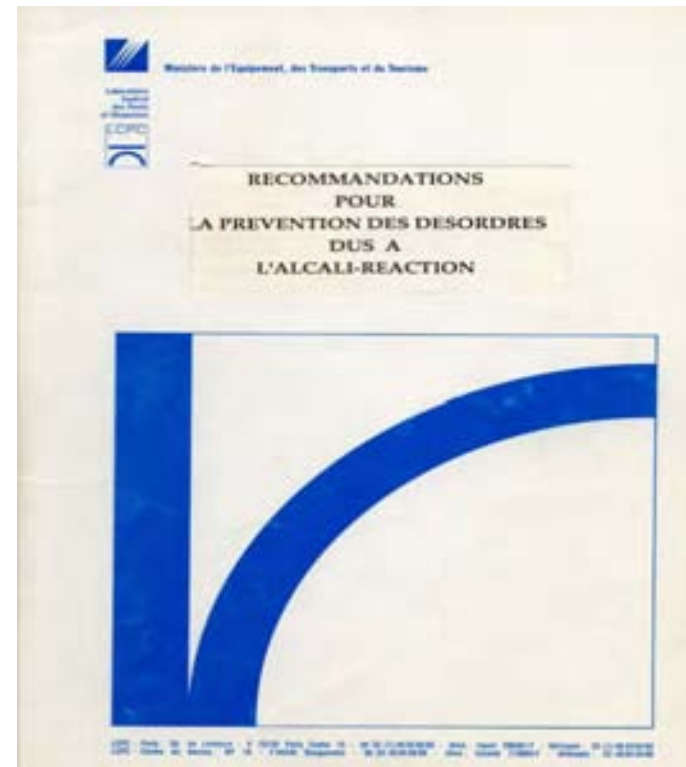
FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

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

FASCICULES DE RECOMMANDATIONS

PREVENTION DES DESORDRES DUS A L'ALCALI-REACTION

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

Type d'ouvrage \ Classe d'exposition	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 $< 3,5 \text{ kg/m}^3$ (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 climatiquement 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 DÉSORDRS 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 PARTIE 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	<ul style="list-style-type: none">•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	<ul style="list-style-type: none">•Alternance d'humidité et de séchage•Humidité élevée	<ul style="list-style-type: none">•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	<ul style="list-style-type: none">•En contact avec l'eau•Immersion permanente•Stagnation d'eau à la surface•Zone de marnage	<ul style="list-style-type: none">•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 T_{limite}	CONDITIONS A RESPECTER SI TEMPERATURE COMPRISE ENTRE T_{max} ET T_{limite}
As	85°C	/	/
Bs	75°C	85°C	<ul style="list-style-type: none">•Maîtrise du traitement thermique•Ou•Ciment adapté•Ou•Essai de performance
Cs	70°C	80°C	<ul style="list-style-type: none">•Maîtrise du traitement thermique•Ou•Ciment adapté•Ou•Essai de performance
Ds	65°C	75°C	<ul style="list-style-type: none">•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).

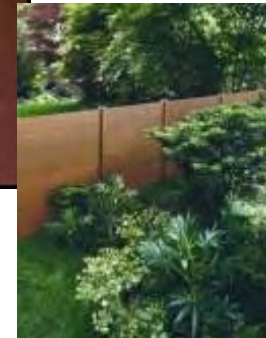
LES PRODUITS PREFABRIQUES EN BETON

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**

En cours de mise 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**

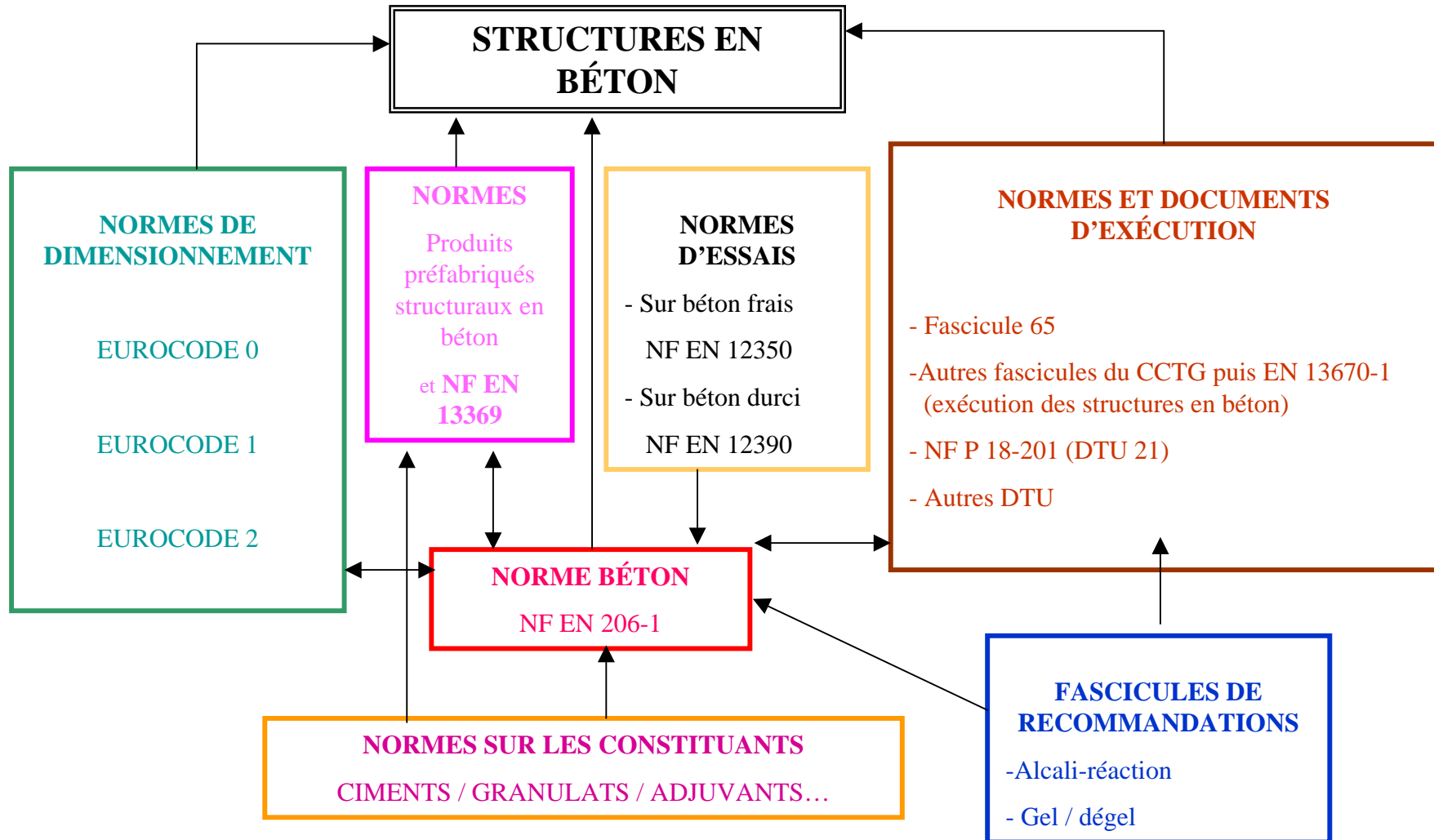
**NORMES
PRODUITS
PREFABRIQUES
EN BETON**

**NORME BÉTON
NF EN 206-1**

NORMES SUR LES CONSTITUANTS

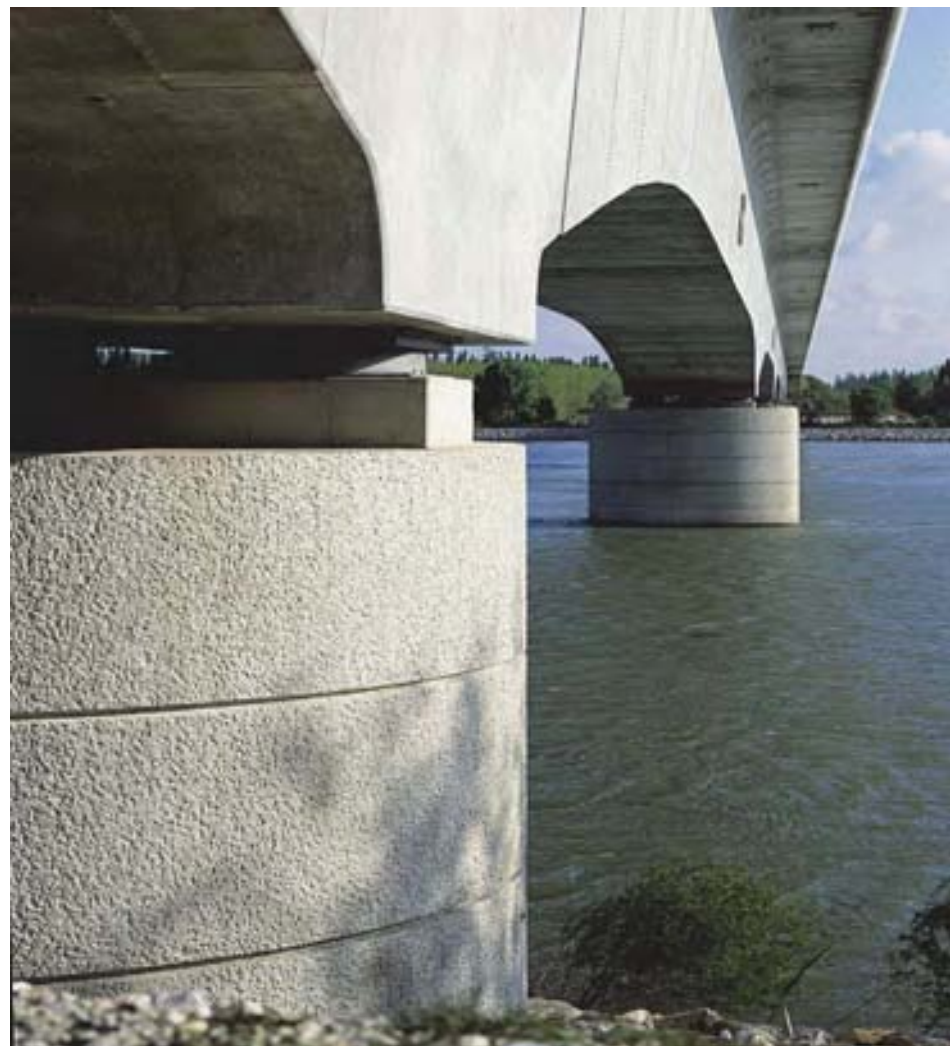
**FASCICULES DE
RECOMMANDATIONS**

LA NORME BÉTON : NF EN 206-1




La norme béton NF EN 206-1

Agnès Lefebvre
SNBPE Nord-Ouest



BETON EN SITE MARITIME

A decorative element consisting of four vertical red lines of varying thicknesses, located on the left side of the slide.

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

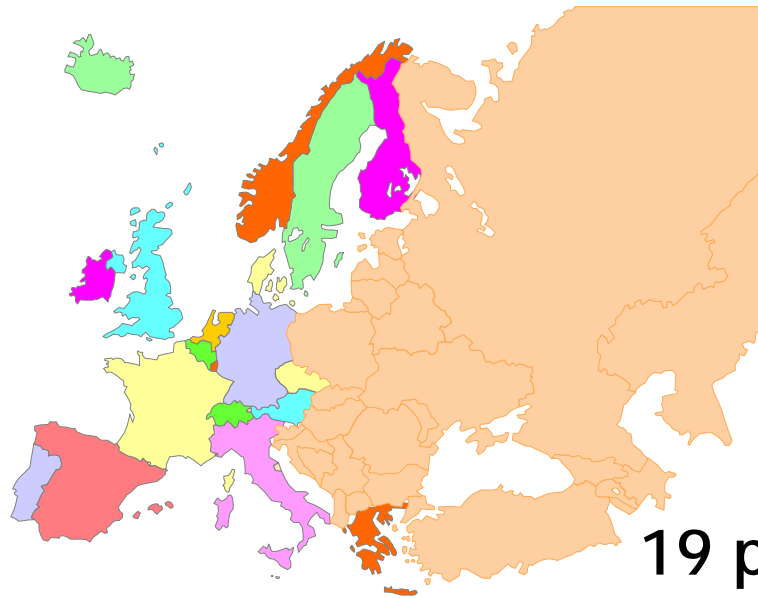
HISTORIQUE

2002

2003

Norme Européenne
EN 206-1

Annexe nationale



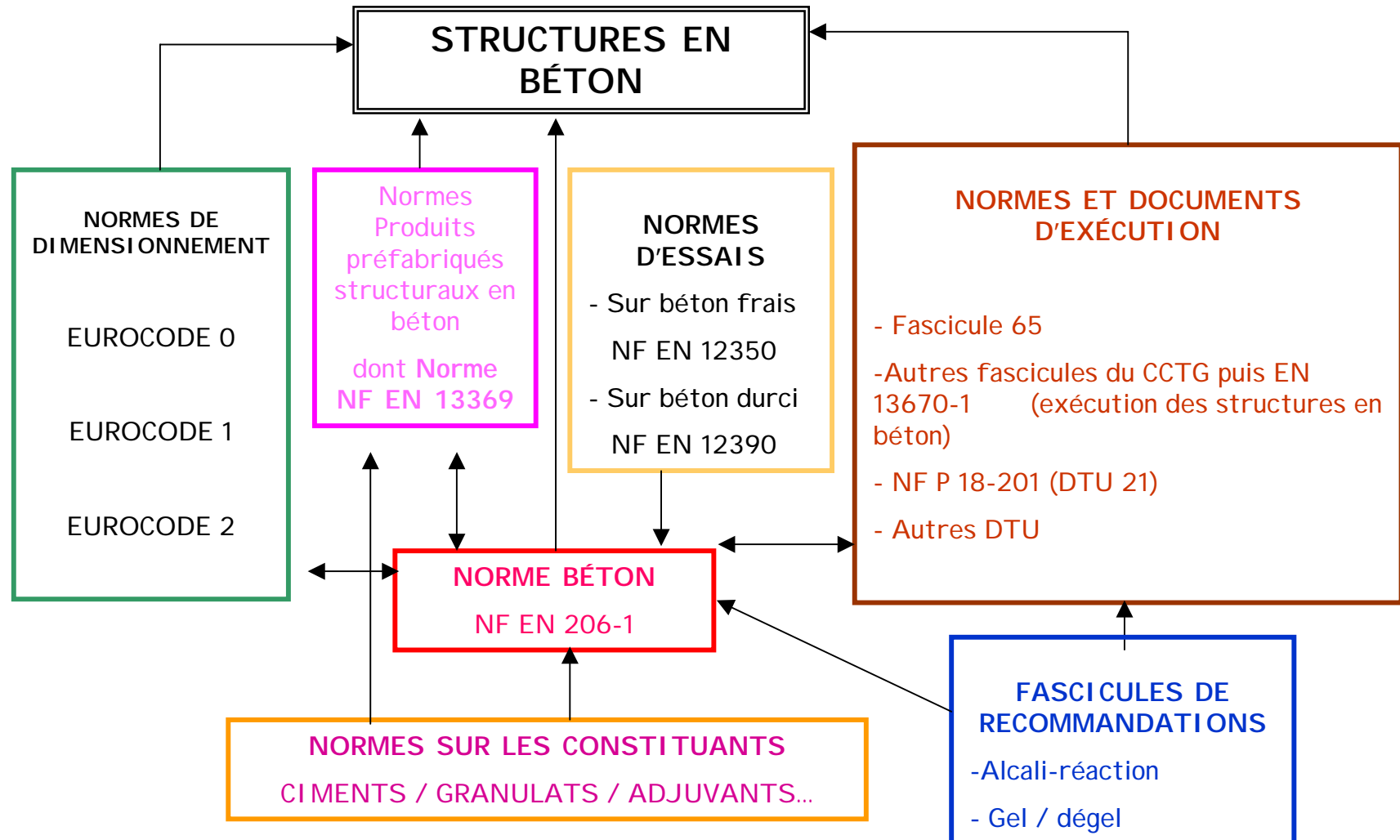
+



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 : $M_v < 800 \text{ kg/m}^3$
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



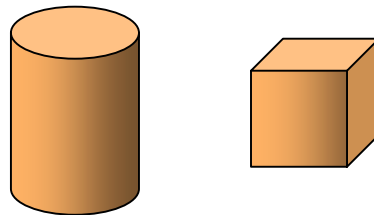


LES BPS

Classe de résistance en compression

BPS
NF EN 206-1

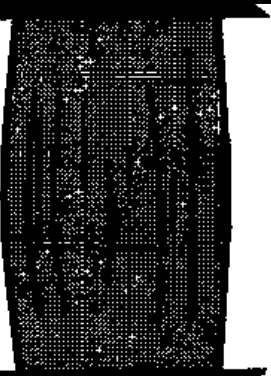
..., C30/37, ...



LES BPS

Classe de résistance
(béton normal ou béton lourd)

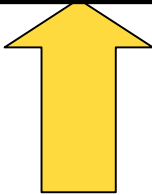
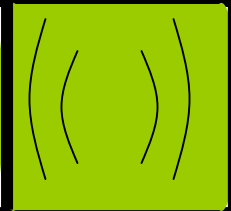
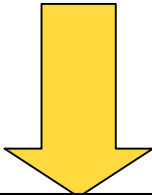
30 MPa



Cylindre

Valeur prise en compte dans
les calculs de dimensionnement

37 MPa



Cube

C30/37





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

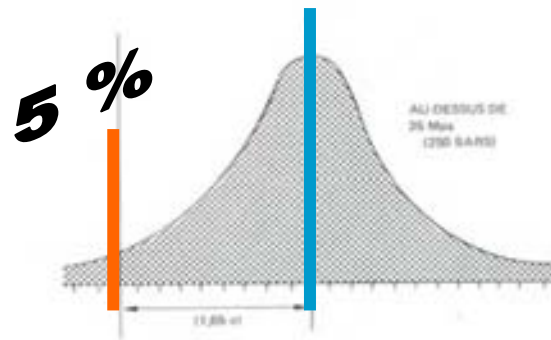


LES BPS

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

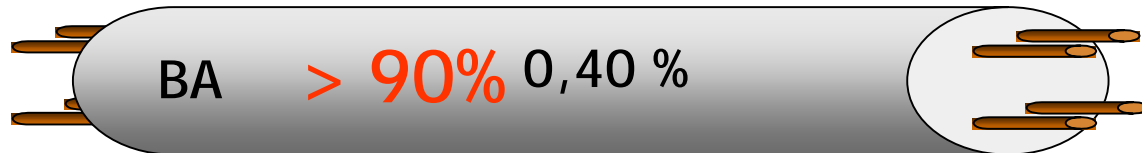
CL 0,20

CL 0,40

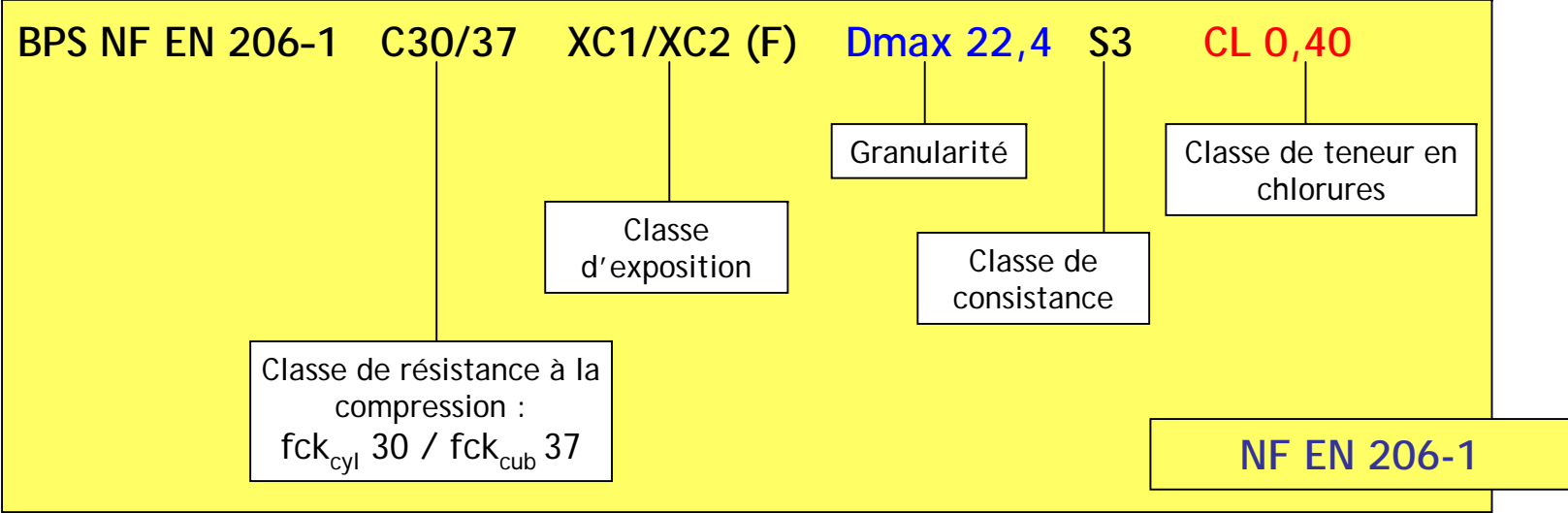
CL 0,65

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

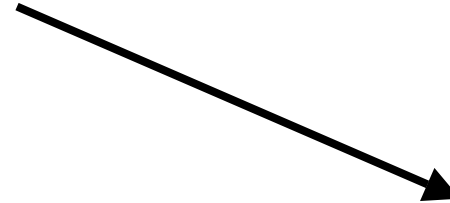
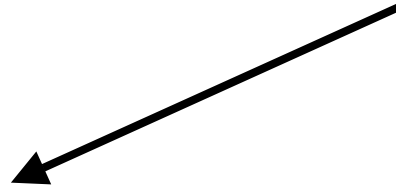




LES BCP

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)

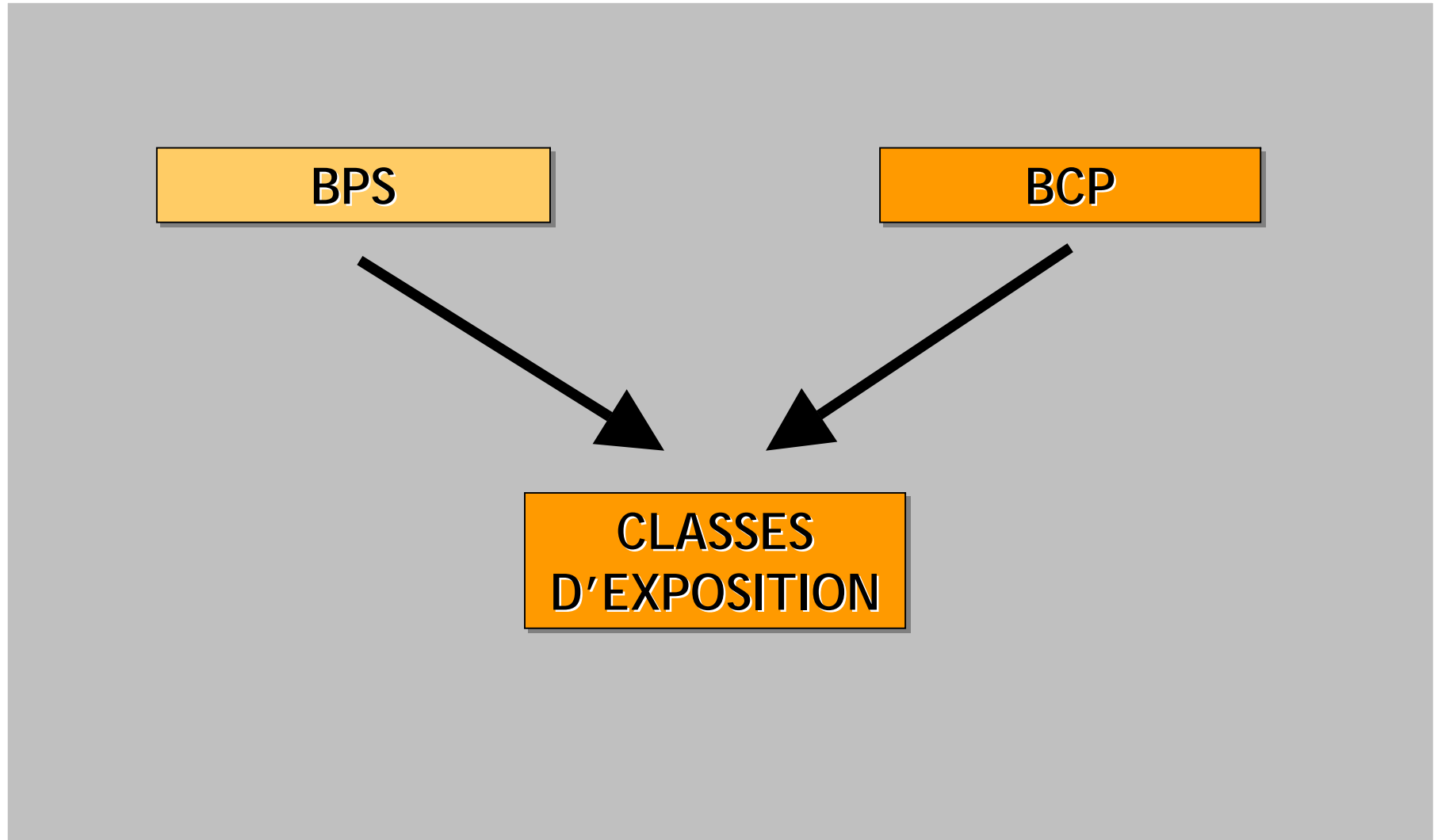
- Étude particulière
↓
- Composition détaillée
↓
- Contrôles de résistance définis par l'utilisateur

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

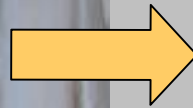
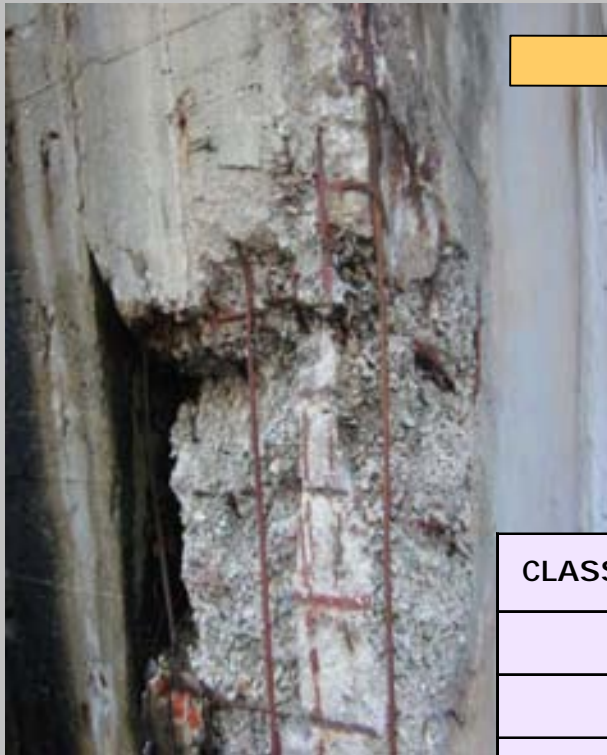
Attaques chimiques

Choix de la classe d'exposition

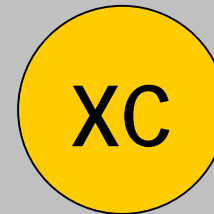


Responsabilité du prescripteur

LES CLASSES D'EXPOSITION COURANTES



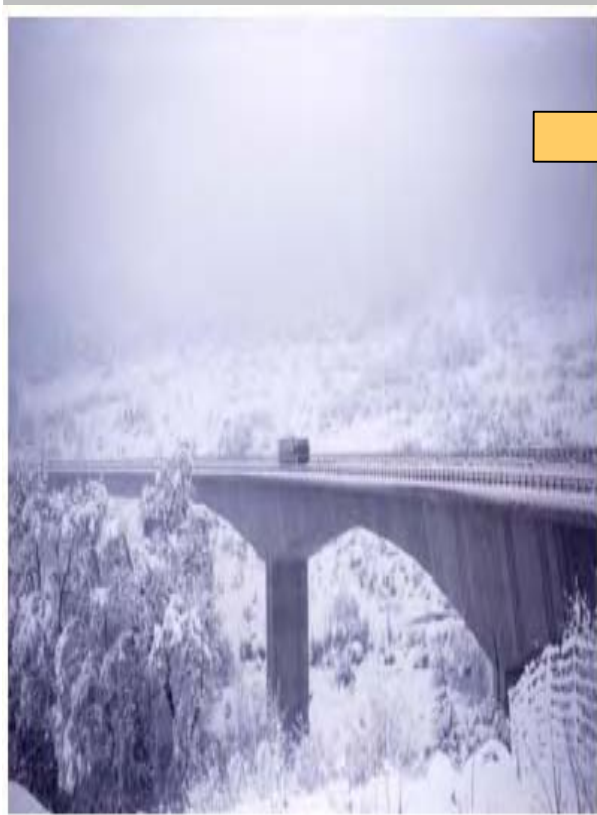
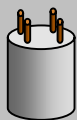
Risque de corrosion par carbonatation



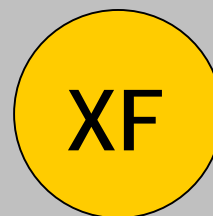
Béton armé ou
précontraint

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



Béton armé
ou précontraint

LES CLASSES D'EXPOSITION COURANTES

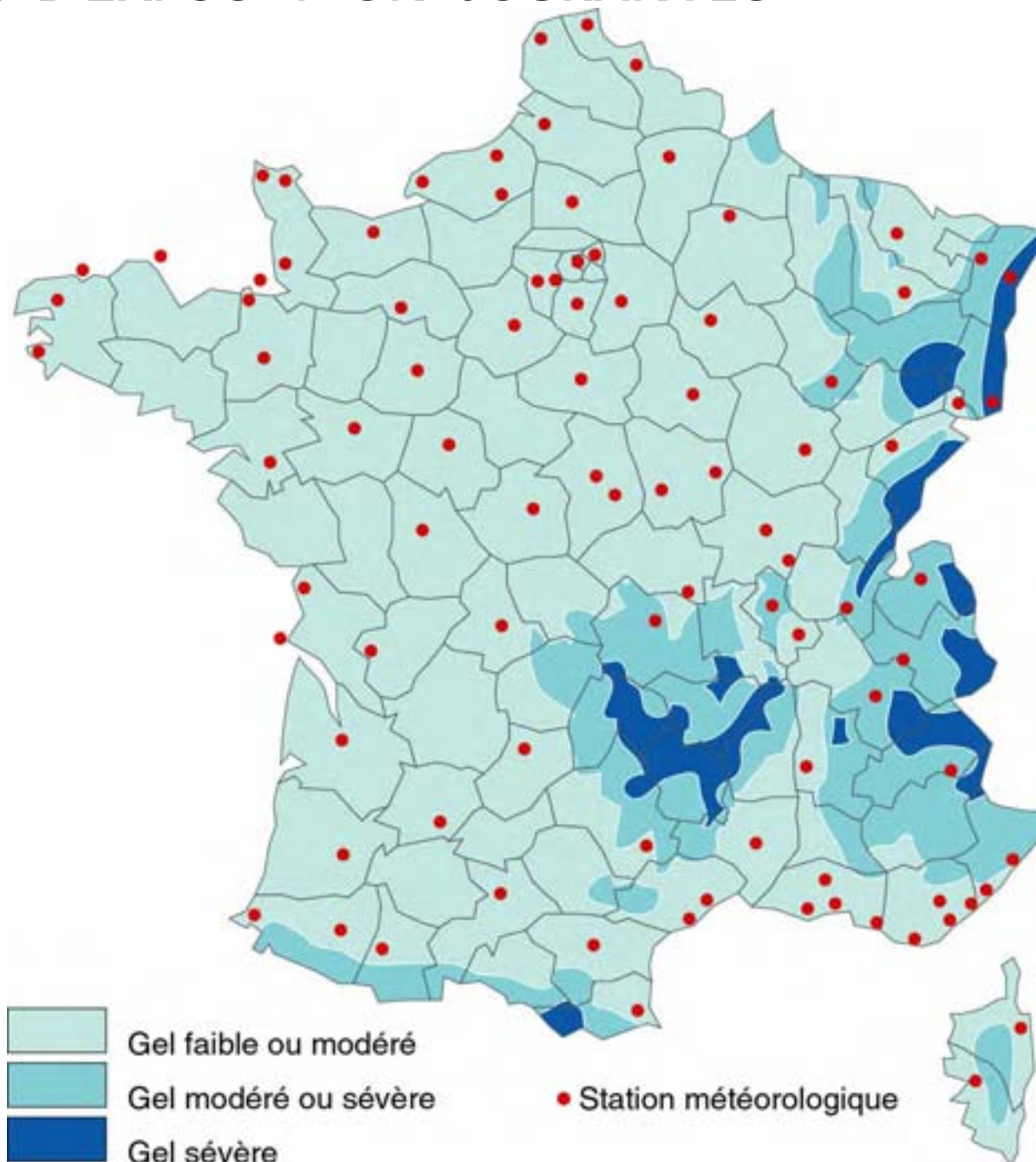
Gel 		
Faible Modéré		
Sévère		

Lien état de saturation et recommandations

LES CLASSES D'EXPOSITION COURANTES

Carte des zones de gel

cf FD P 18-326

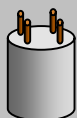


LES CLASSES D'EXPOSITION

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

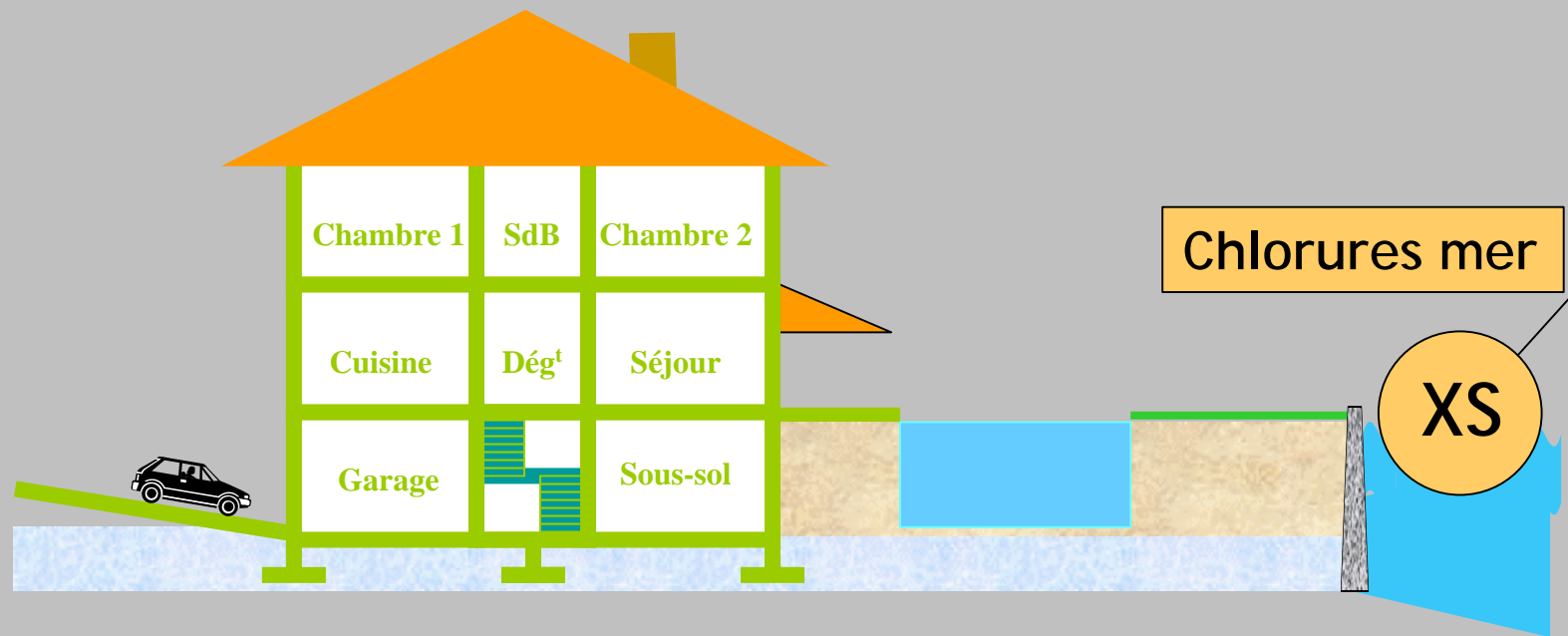
XD ou XS

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

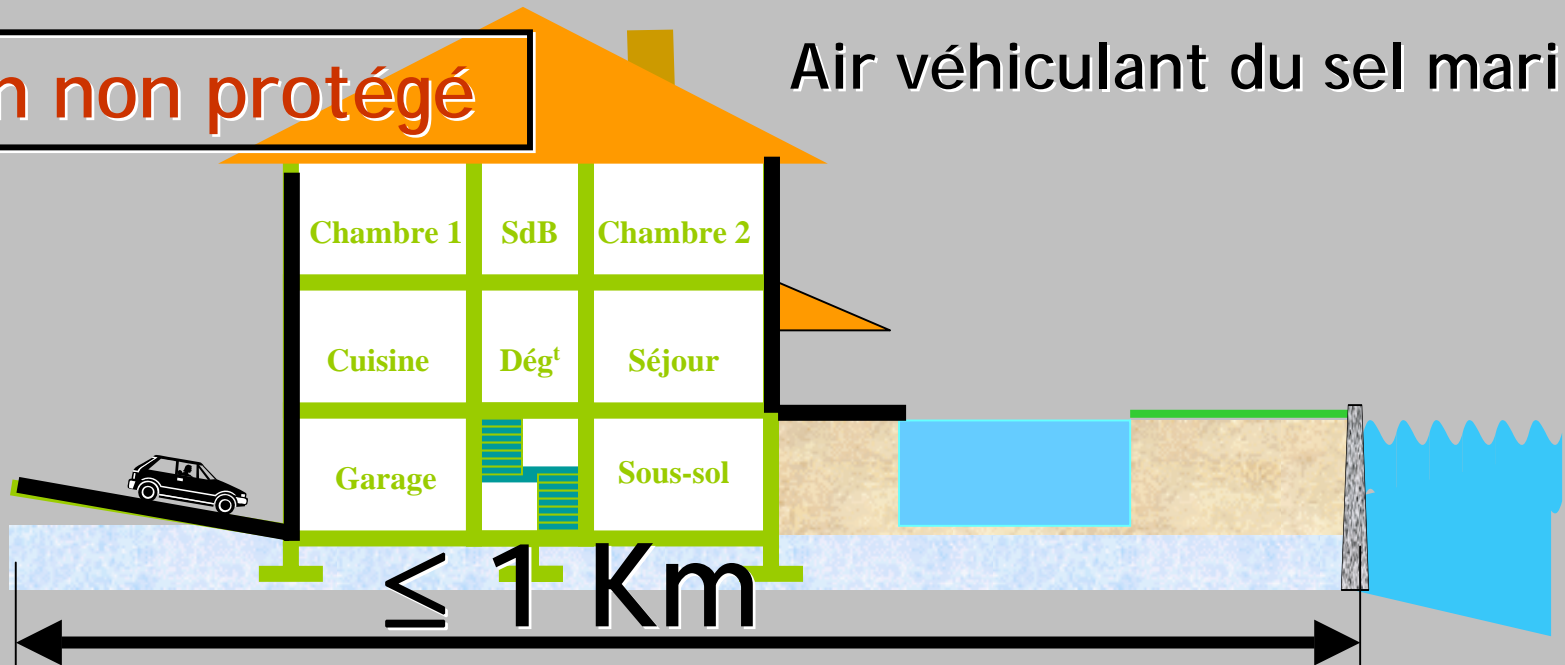
Chlorures marins

XS1 (XS2)

pas de contact direct
avec l'eau de mer

Béton non protégé

Air véhiculant du sel marin

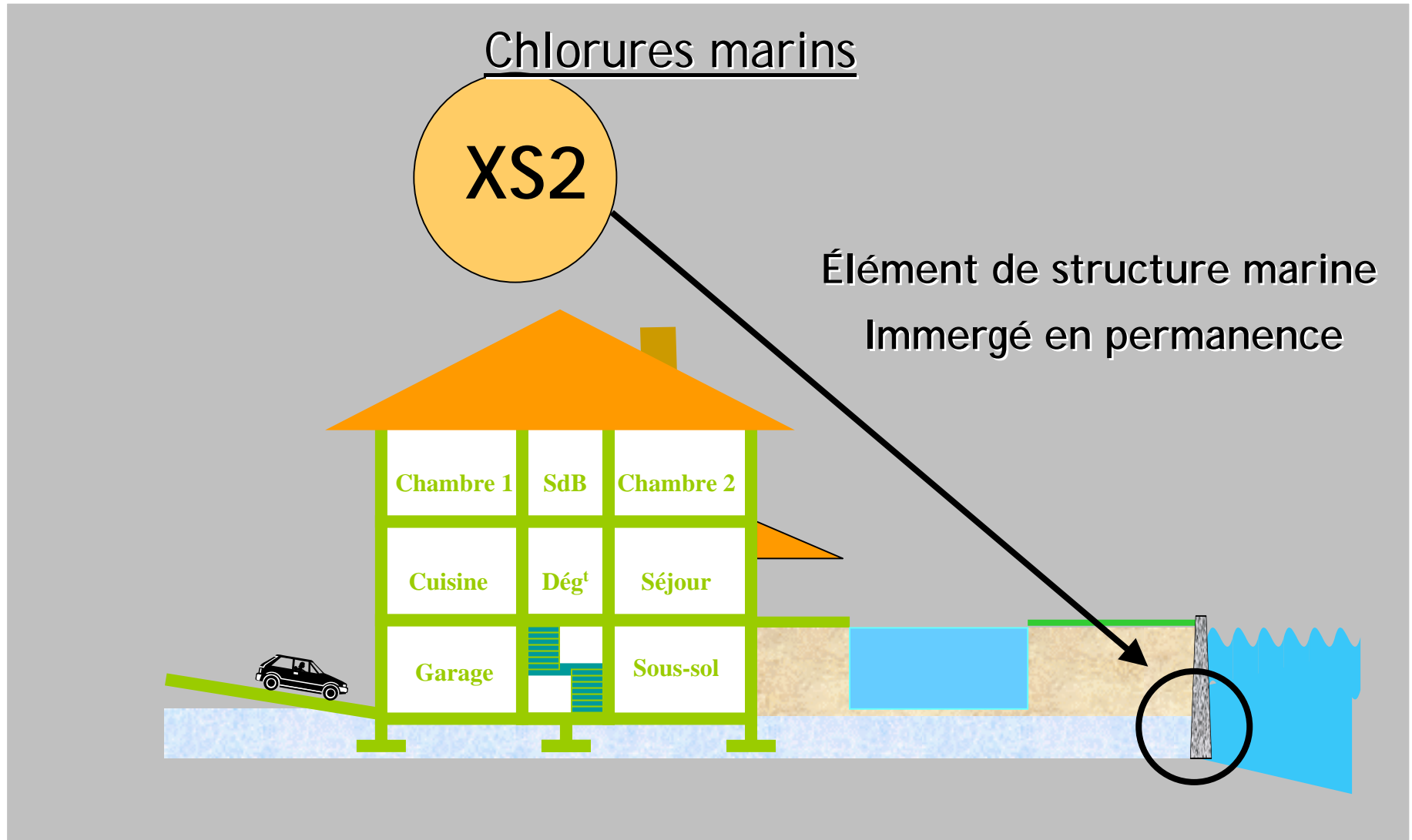


Choix de la classe d'exposition



Responsabilité du client-prescripteur

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES



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

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES

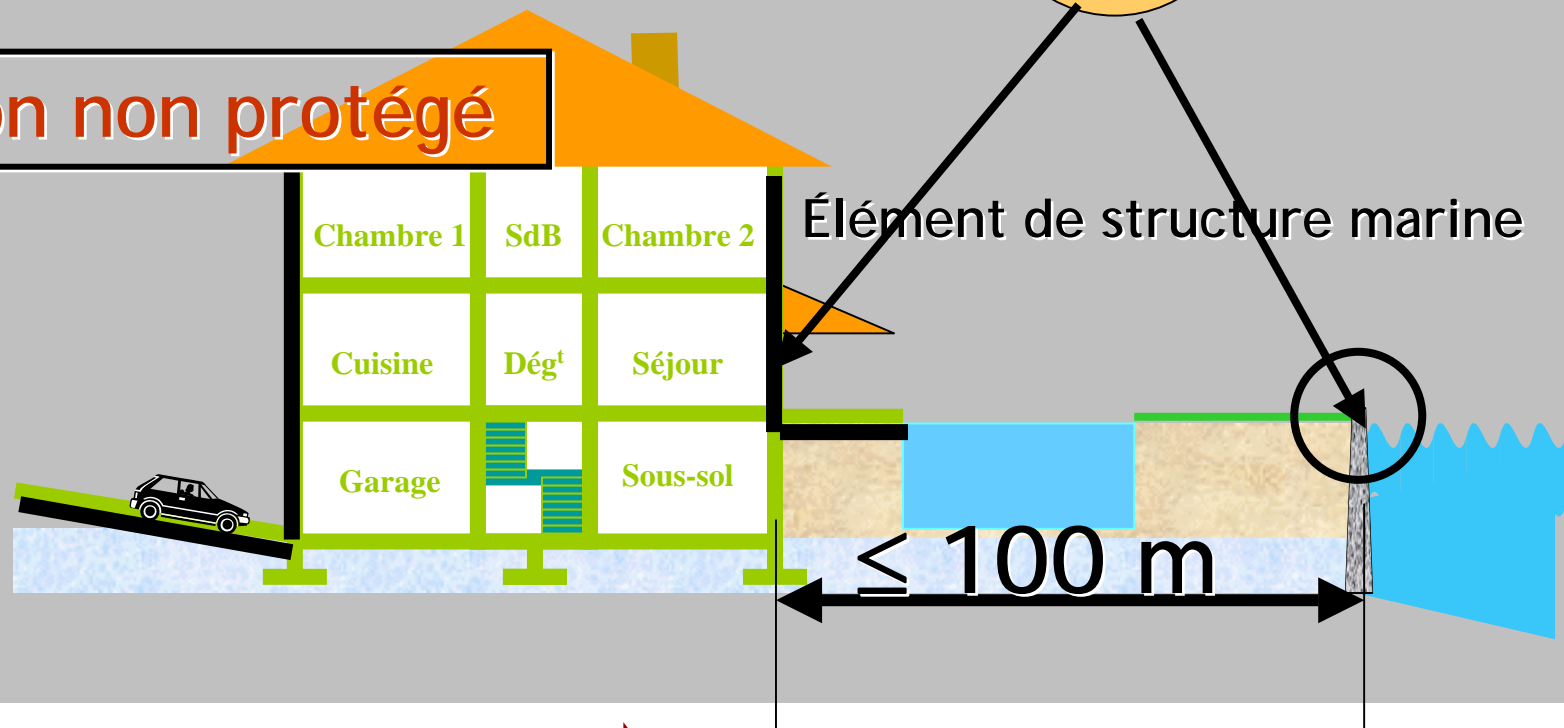
Chlorures marins

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

Béton non protégé

XS3

Élément de structure marine

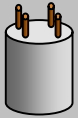


Choix de la classe d'exposition

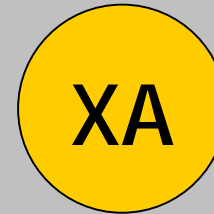


Responsabilité du client-prescripteur

LES CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIERES



Attaques chimiques



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 :

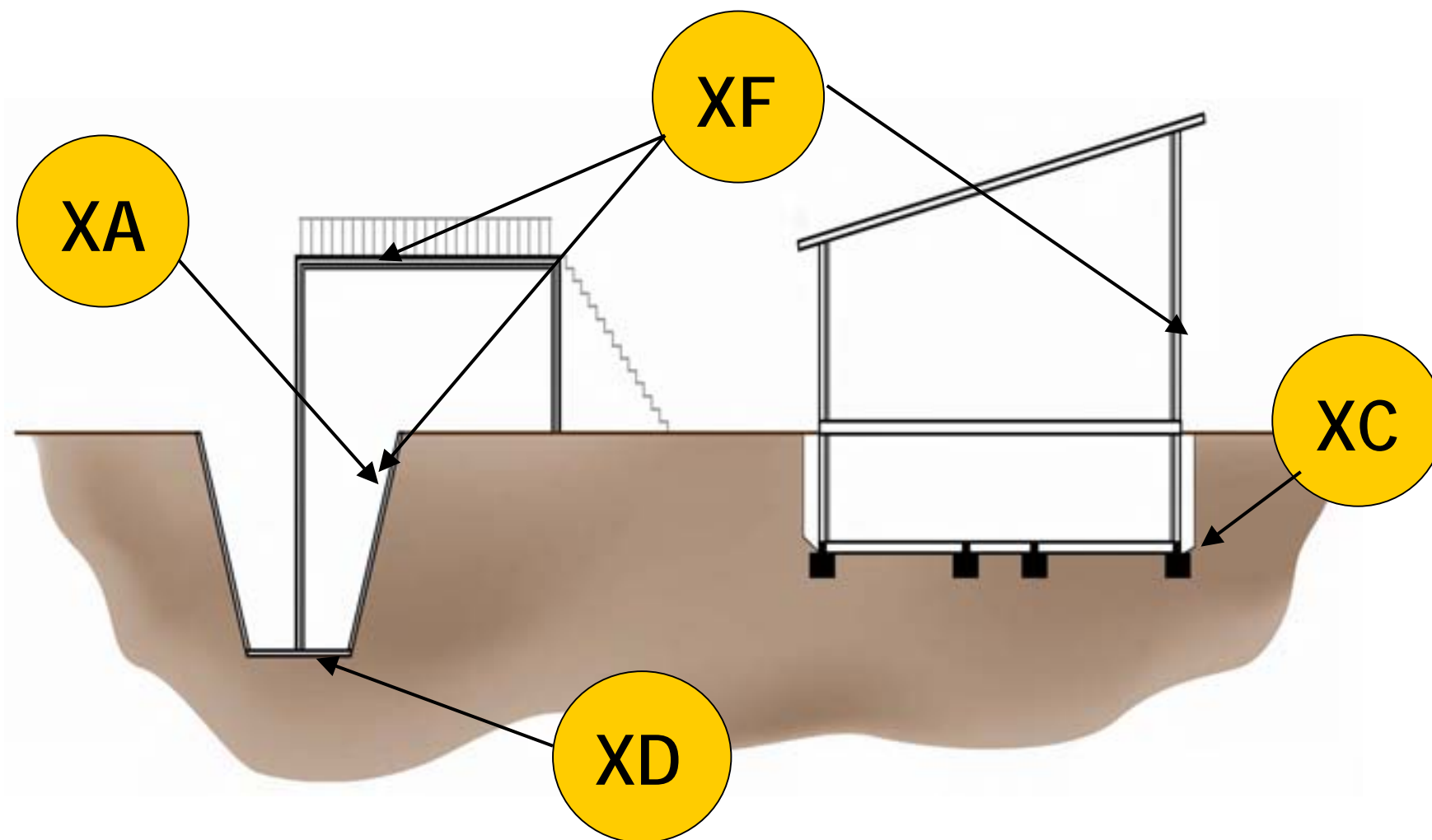
Sulfate mg/kg	>2000 et <3000	>3000 et < 12000	>12000 et < 24000
Acidité	>200	n'est pas rencontré dans la pratique	

LES CLASSES D'EXPOSITION

Expositions particulières : attaques

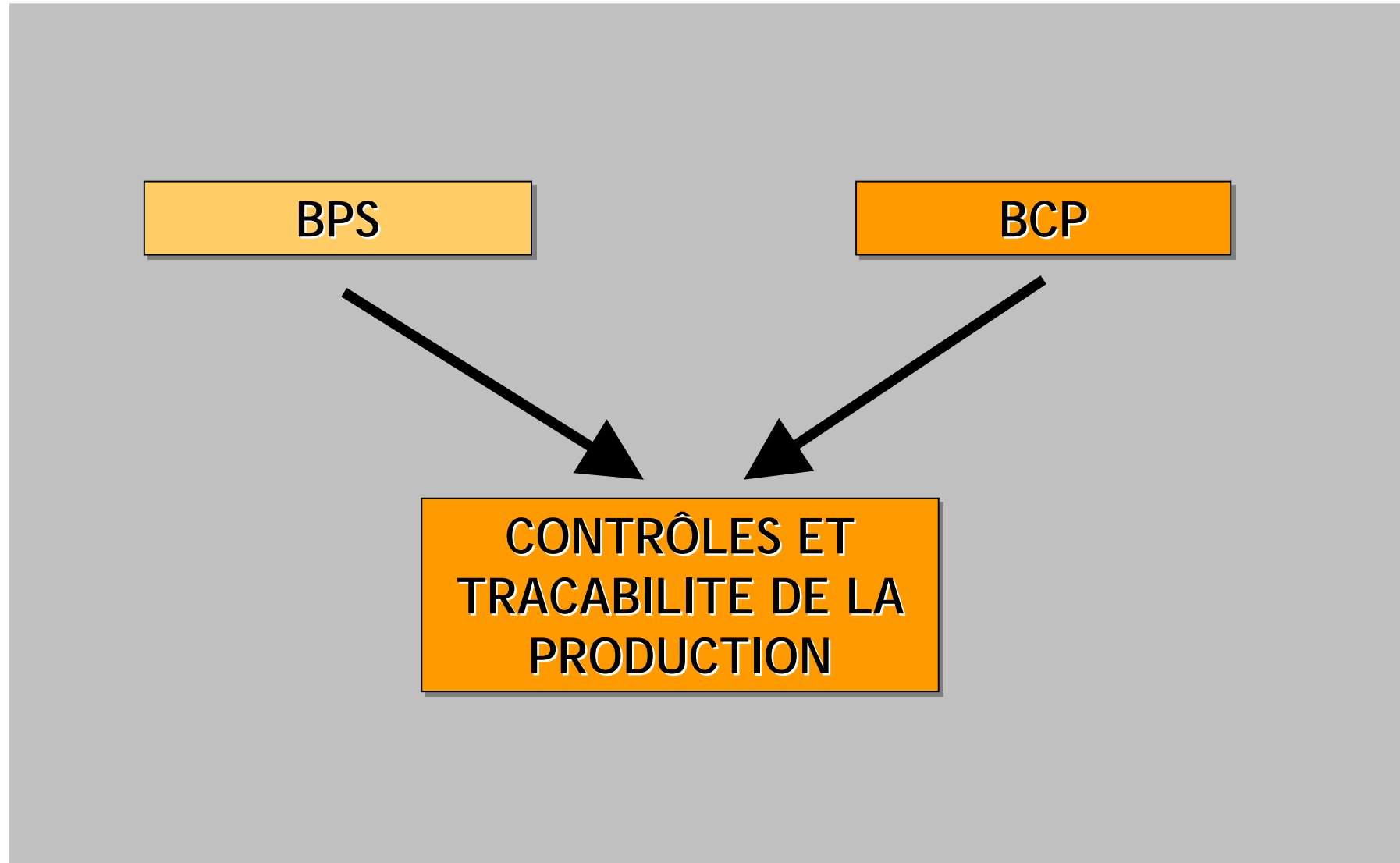
	MARINS		CHLORES		CHIMIQUES		
	XS2/XS1	XS3	XD2	XD3	XA1	XA2	XA3
$E_{\text{eff}}/\text{liant}$ équivalent maxi	0,55	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
Résistance mini	C30/ 37	C35/ 45	C30/ 37	C35/ 45	C30/ 37	C35/ 45	C40/ 50
Liant éq. mini	330	350	330	350	330	350	385
Air mini	-	-	-	-	-	-	-
Additions maxi Ex: Cendres 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 I V 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



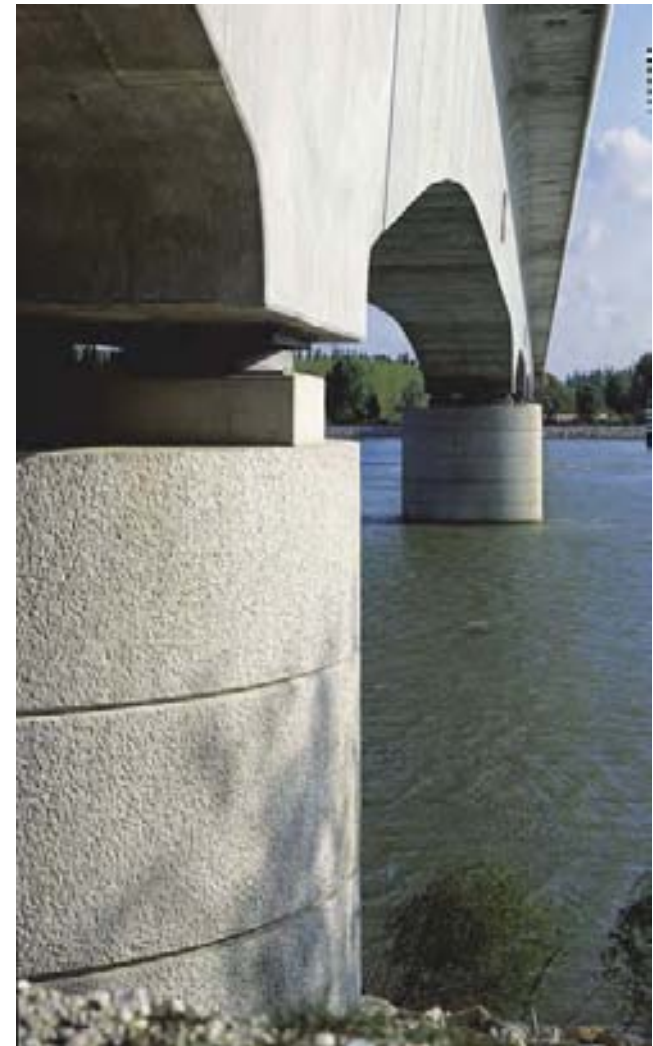
DURABILITE - TRACABILITE - PERFORMANCE

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**



Guide d'utilisation du béton en site maritime



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 ...







14/11/2000



Pourquoi un guide ?

- Parce que les agressions mécaniques du milieu sont spécifiques.





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 principalement aux maîtres d'œuvre, mais également 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:

- Du béton dans le cadre de l'entretien et de la réparation des ouvrages
- 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 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 sulfates 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 soumise 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 portlandite et conduit à une chute du pH, ce qui entraîne une dépassivation des aciers.

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

C'est en zone de marnage et d'aspersion que la carbonatation du béton sera la plus rapide

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

- Les exigences performantielles (mécaniques, ouvrabilité, esthétique, 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

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

Lorsque le béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées est soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin, les différentes classes d'exposition sont:

Classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs illustrant le 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

Lorsque le béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées est exposé à l'air et à l'humidité, les différentes classes d'exposition sont:

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

Lorsque le béton est exposé aux attaques chimiques se produisant dans les sols naturels ou les eaux souterraines, la norme définit trois classes d'exposition::

Caractéristique chimique	Méthode d'essai de référence	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	< 5,5 et ≥ 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

Lorsque le béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées est soumis au contact d'une eau ayant une origine autre que marine, contenant des chlorures, y compris des sels de déverglaçage, les différentes classes d'exposition sont classées comme suit::

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

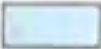
Attaques gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage


Lorsque le béton est soumis à une attaque significative due à des cycles de gel/dégel alors qu'il est mouillé, les différentes classes d'exposition sont:


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

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												
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Eau de mer			Chlorures autres que l'eau de mer			XF1 ^{b)}	XF2 ^{b)}	XF3 ^{b) c)}	XF4 ^{b) c)}	XA1	XA2	XA3									
							XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3 ^{a) m)}																
Rapport E_{sp} /liant éq maximal ^{d)}	—	0,65	Valeurs numériques identiques à XC1 ^{f)}	Valeurs numériques identiques à XF1 ^{f)}	Valeurs numériques identiques à XF1 ^{f)}	XS1	0,55	0,50	XD1	XD2	XD3 ^{a) m)}	XF1 ^{b)}	XF2 ^{b)}	XF3 ^{b) c)}	XF4 ^{b) c)}	XA1	XA2	XA3										
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	
	Latier 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 Fasc. 65

	TYPE DE BETON	CLASSES D'EXPOSITION				
SPECIFICATIONS		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

FD P 18-011 Béton classification des environnements agressifs
(en phase de révision)

Conditions d'exploitation	Immersion complète dans l'eau de mer	Zones de marnage et d'aspersion
Dosage en ciment	$550/\sqrt[5]{D}$ (302 kg/m ³ pour un Dmax de 20mm)	$700/\sqrt[5]{D}$ (385 kg/m ³ pour un Dmax de 20mm)
E/C	≤ 0,55	≤ 0,50
Type de ciment	CEM I avec C ₃ A < à 10% CEM II A et B clinker avec C ₃ A < à 10% CEM III A et B ou C CEM V A et B ciments alumineux	CEM I avec C ₃ A < 5% CEM III A et B avec laitier > à 60% CEM III C CEM V A et B ciments alumineux

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 de réaction sulfatique interne

<i>Catégorie de risque</i>	<i>Exemples d'ouvrages ou de parties d'ouvrage</i>
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).

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

Prévention contre les risques de réaction sulfatique interne

<i>Classe d'exposition</i>	<i>Description de l'environnement</i>	<i>Exemples</i>
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 soumise 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

<i>Classe d'exposition</i> <i>Catégorie de risque</i>	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

Niveau de prévention		
Bs	Cs	Ds
soit $T_{max} < 75^{\circ}C$	soit $T_{max} < 70^{\circ}C$	soit $T_{max} < 65^{\circ}C$
soit $75^{\circ}C < T_{max} < 85^{\circ}C$ <i>Dans ce cas, une des 6 conditions suivantes doit être respectée :</i>	Soit $70^{\circ}C < T_{max} < 80^{\circ}C$ <i>Dans ce cas, une des 6 conditions suivantes doit être respectée :</i>	Soit $65^{\circ}C < T_{max} < 75^{\circ}C$ <i>Dans ce cas, les conditions suivantes doivent être respectées</i>
Dans le cas de pièces préfabriquées, la durée de pallier est inférieure à 4 heures et la teneur en alcalins équivalents ($Na_2O_{\text{équivalent}}$) est 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 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		
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'addition 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

L'enrobage des armatures est un des paramètres permettant de garantir la durabilité d'un ouvrage en béton armé, en protégeant ses armatures des agressions extérieures.

L'enrobage nominal doit être spécifié sur les plans. Il est défini comme la somme de l'enrobage minimal C_{\min} et d'une marge de calcul pour tolérances d'exécution ΔC_{dev} :

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

La valeur à utiliser est la plus grande valeur de C_{\min} satisfaisant aux exigences à la fois en ce qui concerne l'adhérence et les conditions d'environnement :

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

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

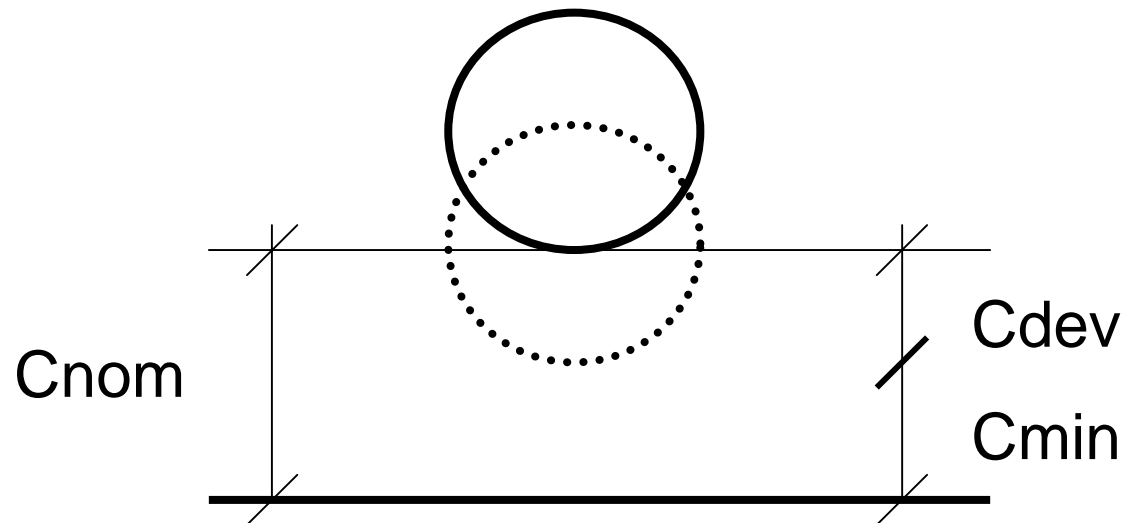
Enrobage des armatures

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



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

Enrobage des armatures

Aucun enrobage ne doit être inférieur à C_{min}

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

C_{nom} est spécifié sur les dessins d'exécution et détermine la dimension des cales à utiliser

ΔC_{dev} correspond aux tolérances d'exécution

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.	$k_1 = 5 \text{ mm}$
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.	$k_2 = 10 \text{ mm}$
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	$k_3 = 15 \text{ mm}$

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 **notamment 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
- Techniques de suivi des paramètres de durabilité du béton

Chapitre 7 : Applications

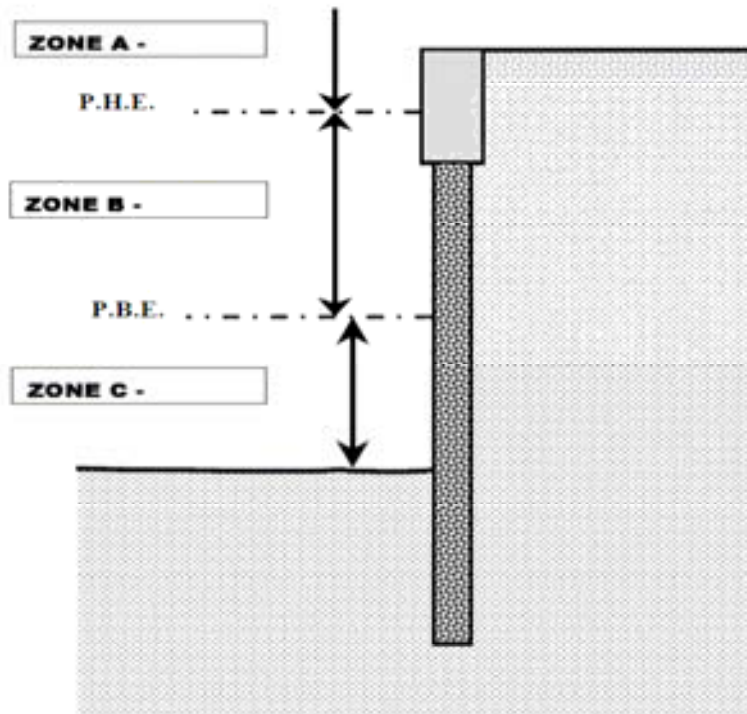
- Collection de fiches pratiques synthétiques par type d'ouvrage

Spécifications du béton

Recommandations pour la 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 _{eff}	Caractéristiques complémentaires du béton
Zone A - aspersion	XC4 XS3 XA2 XH2 CI 0,2	C35/45	385		PM ES	0,45	RAG RST
Zone B - marnage	XC4 XS3 XA2 XH3 CI 0,2						
Zone C - immergée	XC1 XS2 XA2 XH3 CI 0,2	C35/45	350		PM ES	0,45	RAG RST
Définition globale	XC4 XS3 XA2 XH3 CI 0,2	C35/45	385		PM ES	0,45	RAG RST

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)	70 mm*	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		Ajout d'adjuvants possible (plastifiant, superplastifiant)			
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



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 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-
	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 armés ⁽⁴⁾	-	-	-	XF1 (5) sauf si immergés	(6)	-

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)	-



- 
- 
- (1) Béton non armé et sans pièces métalliques noyées
 - (2) Dans le cas de salage sur les quais
 - (3) Pour ce béton non armé susceptible de relever de la classe X0, les spécifications (autres que la résistance minimale liée aux efforts à reprendre) sont données par le FD P 18-011
 - (4) Pas de corrosion mais classe XA concomitante (attaque chimique par l'eau de mer, en général au moins XA1)
 - (5) Pour les ouvrages maritimes métropolitains, l'attaque gel/dégel concerne les parties aériennes ou les zones de marnage et correspond à XF1 en zone de gel faible ou modéré, sans salage ou avec salage peu fréquent, ou à XF2 en zone de gel modéré avec salage fréquent (plus de 10 jours / an). Pour le cas particulier de St Pierre et Miquelon et des Terres Australes et Antarctiques Françaises, on retiendra la classe XF4 pour les parties d'ouvrages en zone de marnage ou d'embruns
 - (6) Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer et/ou des eaux souterraines pouvant être en contact avec l'ouvrage (Tableaux 1 et 2 de la norme NF EN 206-1 et fascicule de documentation FD P 18-011).
 - (7) Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer ou des eaux souterraines, et des marchandises (produits stockés sur les quais) pouvant être en contact avec l'ouvrage, en fonction de l'utilisation prévue de l'ouvrage.
 - (8) Classe d'abrasion à choisir entre XM1, XM2 ou XM3 en fonction du niveau d'agressivité du trafic d'engins sur les quais (cf. EN 1992-1-1 clause 4.4.1.2 (13))

Merci de votre attention





► **Le port du Havre**
Bétons en site maritime

Christophe GAUTHIER,
Port du Havre

UN TERRITOIRE ETENDU

PARIS



LES VRACS LIQUIDES

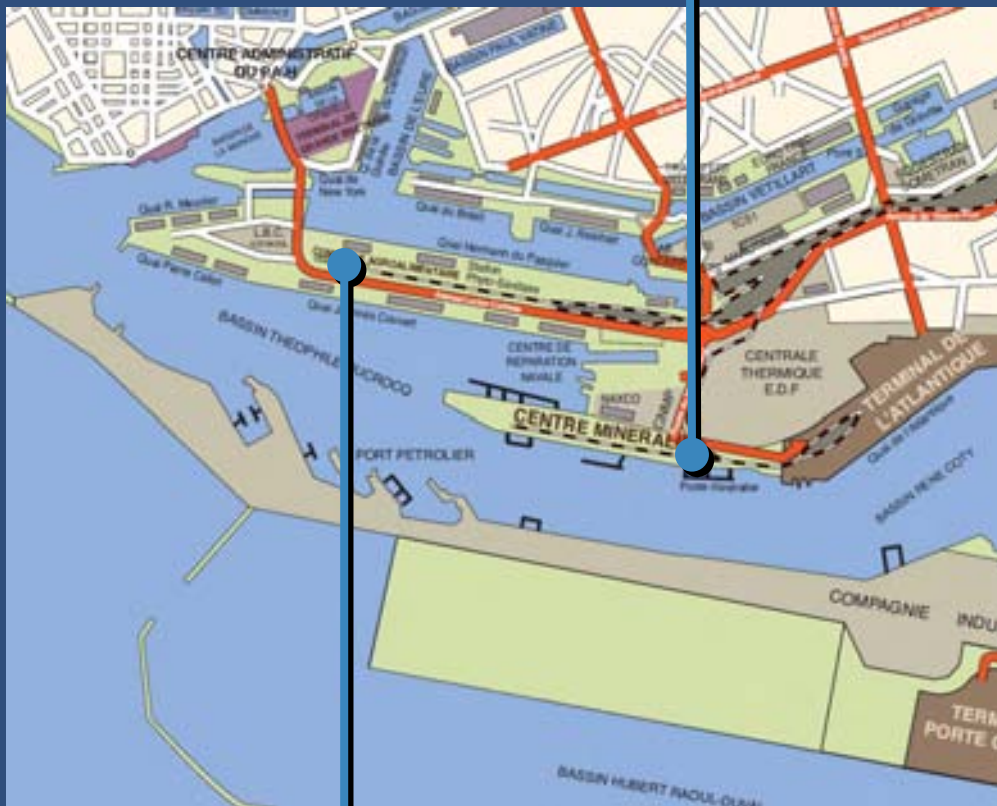
↑ Terminal pétrolier d'Antifer



Terminal pétrolier C.I.M

LES VRACS SOLIDES

Terminal Minéralier



Terminal sucrier

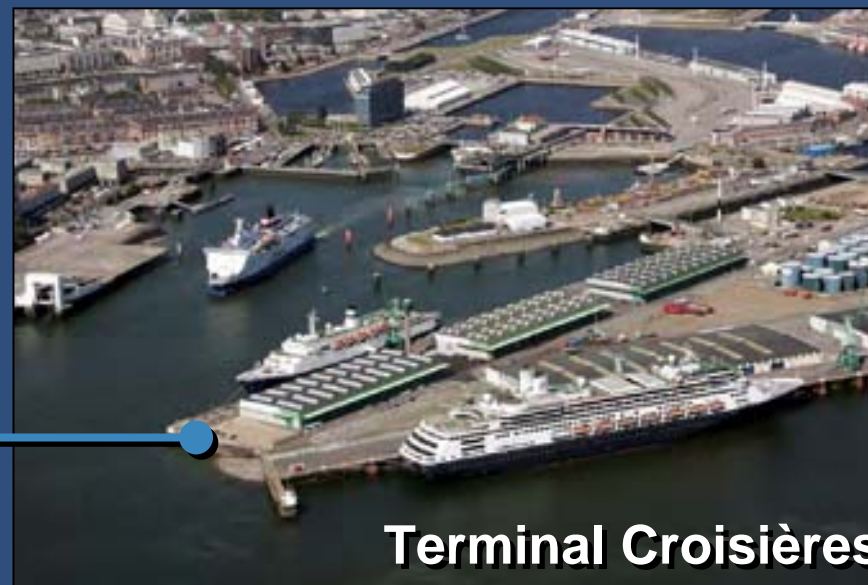
LE ROLL-ON ROLL-OFF

Terminal Roulier



Terminal Ferry

LES PASSAGERS

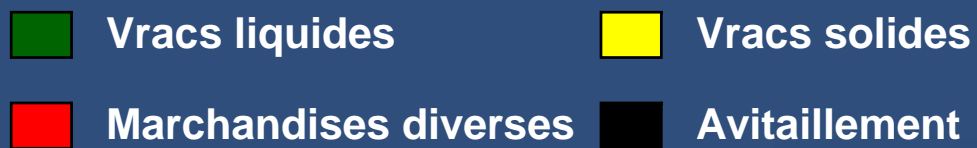
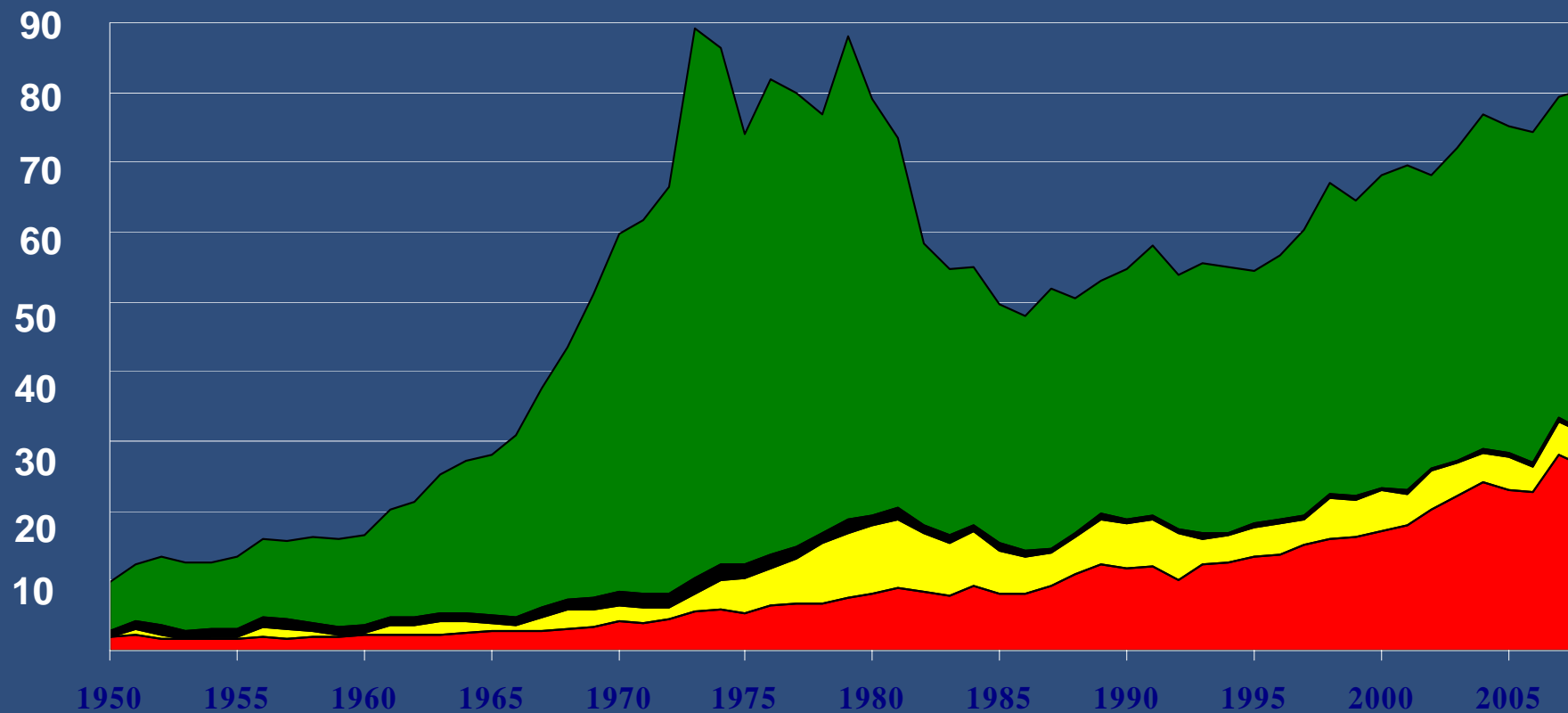


LES CONTENEURS



EVOLUTION DES TRAFICS 1950 - 2008

Mt



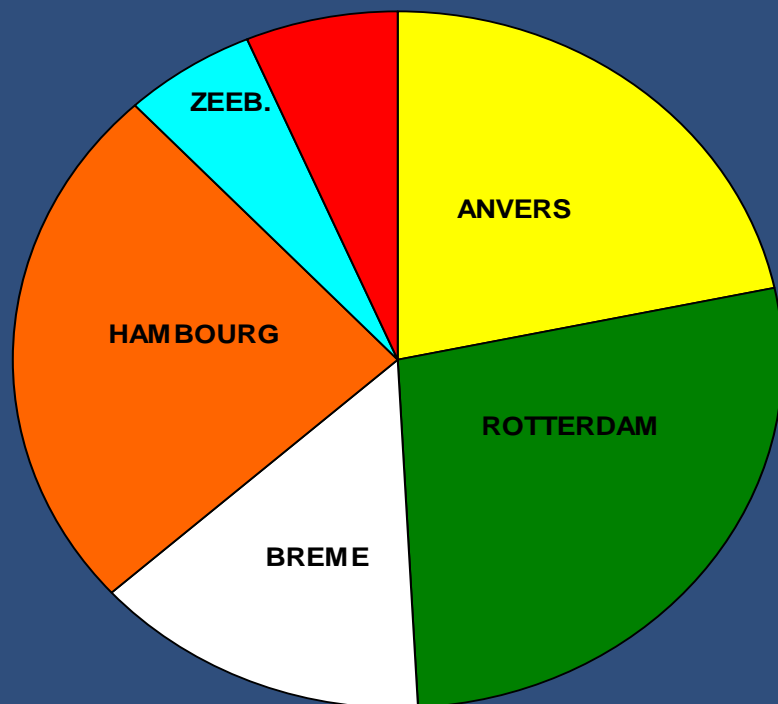


EUGEN MAERSK
397 m – 11.000 TEU

19 février 2008

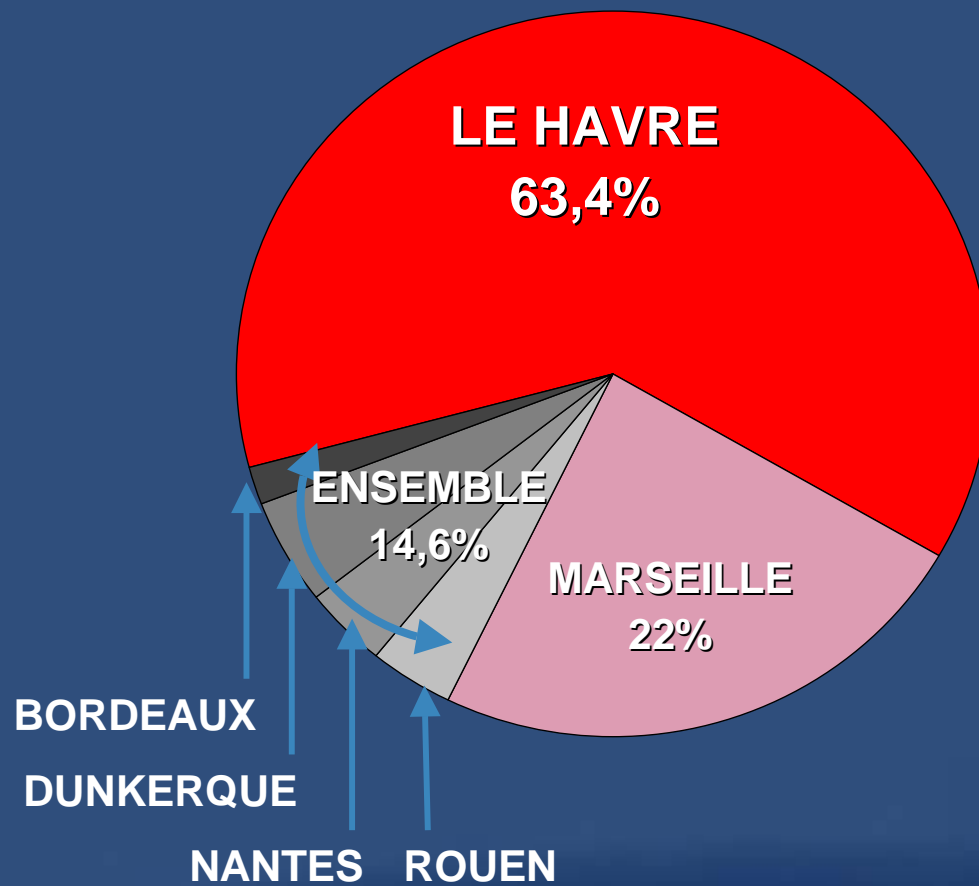
TRAFIC CONTENEURISE

RANGE NORD
LE HAVRE
6,2 %

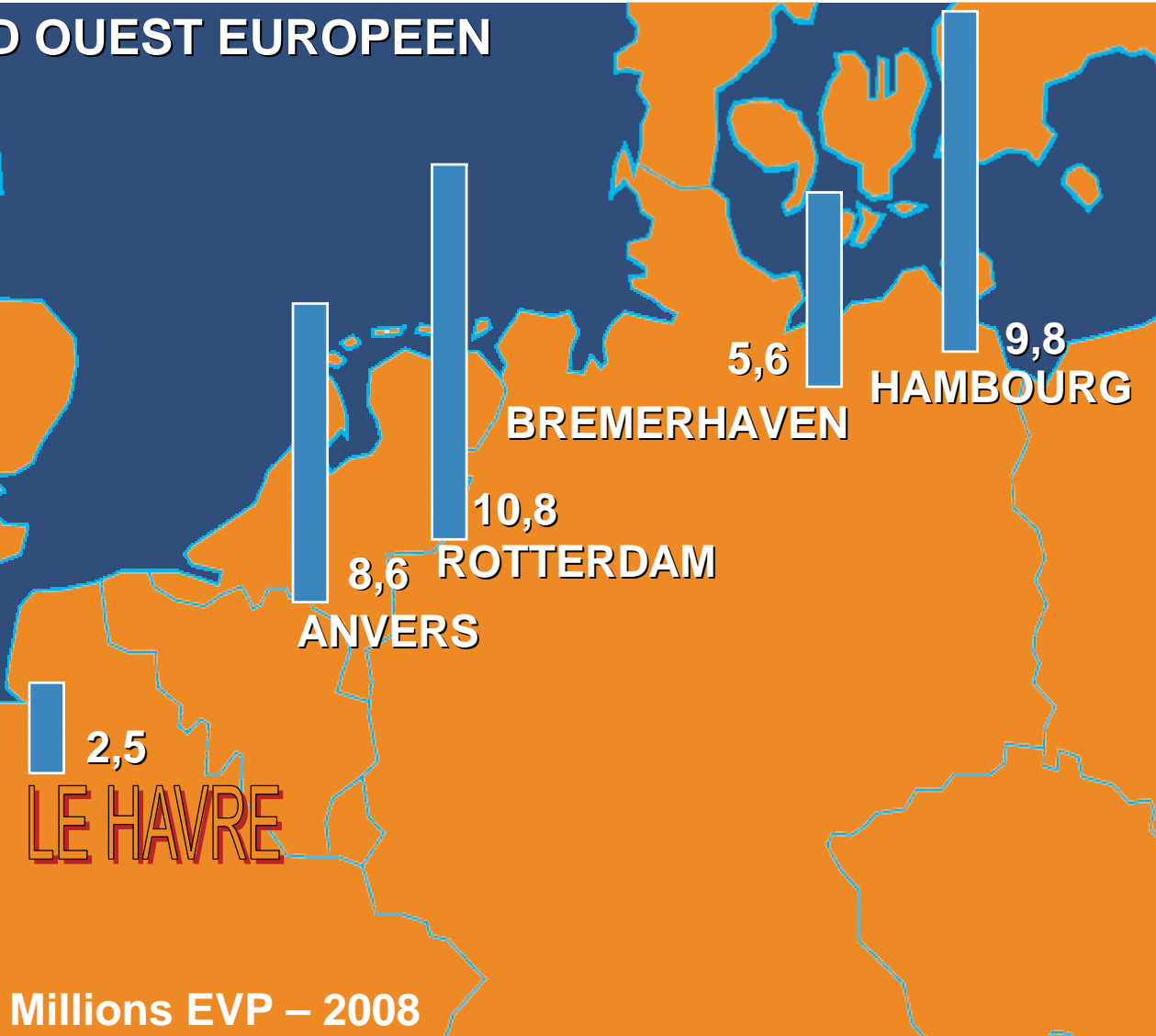


Parts de marché 2008

FRANCE



LES 5 GRANDS DU NORD OUEST EUROPEEN



UN POTENTIEL DE 6 MILLIONS D'EVV

TERMINAUX INTERIEURS

2 MEVP

PORT 2000

4 MEVP

TOTAL : 6 MEVP

UNE OFFRE MARITIME TRES DEVELOPEE



www.havre-port.fr

Juin 2009

Grand Port Maritime du Havre

Le patrimoine infrastructure



Une trentaine de km de quai



Une vingtaine de km de digues

Grand Port Maritime du Havre

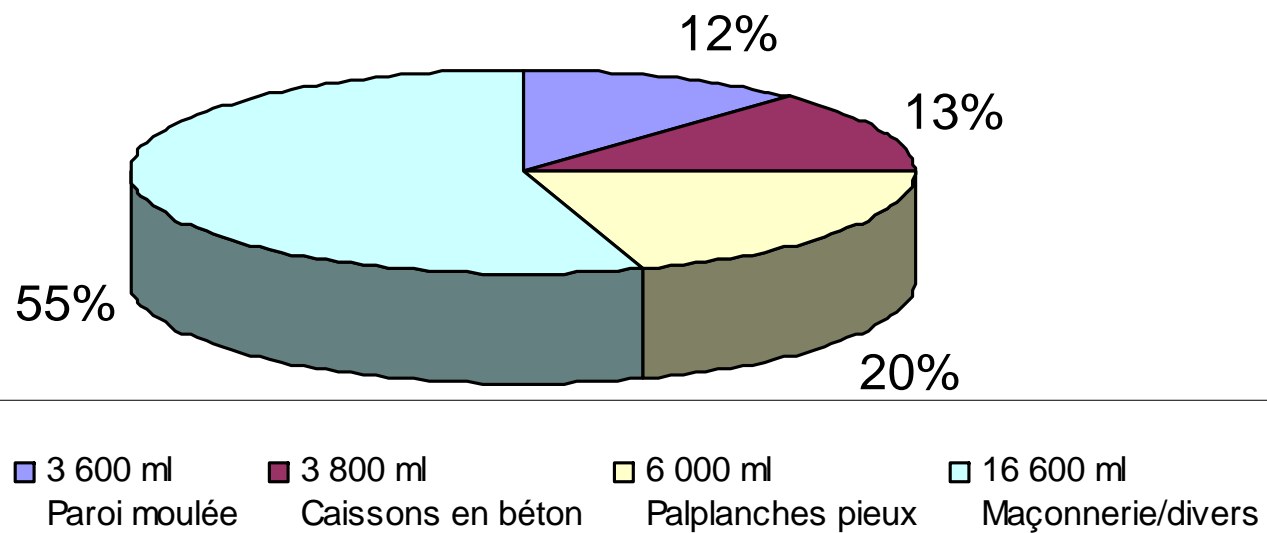
UN PATRIMOINE DIVERSIFIE

- des techniques de conceptions diverses et variées
 - structures en béton armé
 - structures métalliques
 - bois ou maçonneries
 - enrochements

Grand Port Maritime du Havre

LE PATRIMOINE

- exemple pour les quais :



PORT 2000



FINANCEMENT DE PORT 2000 - 6 postes

En M€	Portuaire	Environnement	Dessertes	Superstructures	TOTAL
RTE	2,5		2,21		4,71
FEDER	33,1	5	4,02		42,12
REGION	19,44	9,91	23,2		52,55
DEPARTEMENT	19,44	9,91	20,2		49,55
RFF - SNCF			13,70		13,7
ETAT	160,1		37,82		197,92
PAH	445,1				445,1
OPERATEURS				275	275
Sous-Total	658,77	45,73	101,15	275	1080,65
TOTAL	704,5		101,15	275	1080,65

Phase 1



Accès maritimes

Mesures environnementales

digues

1400 m de quai exploitable -15.00 CMH

Remblaiement 130 ha

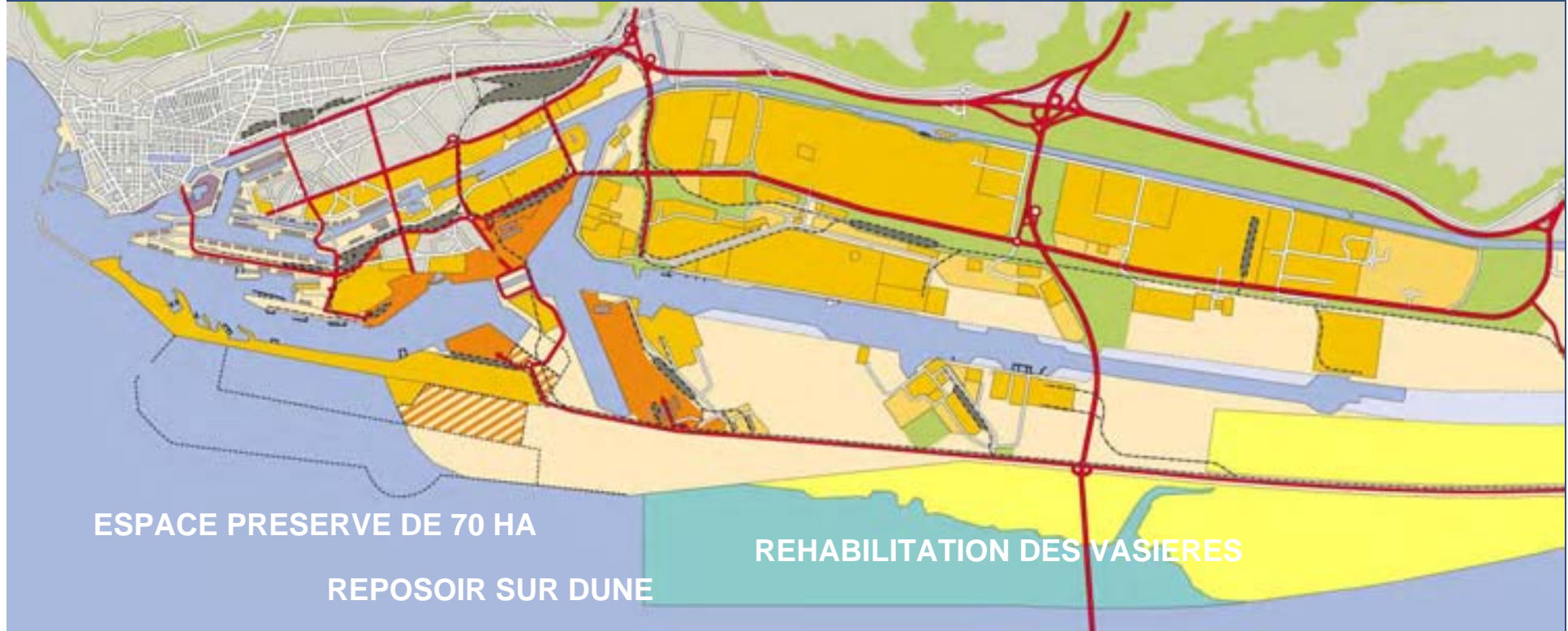
2 terminaux: 700 m de quai chacun

Dessertes routières et
ferroviaires

PRINCIPALES MESURES ENVIRONNEMENTALES

RENFORT DE L'INTERET ECOLOGIQUE DE LA RESERVE

FONDS D'ADAPTATION DES PRATIQUES AGRICOLES & DE LA CHASSE



ESPACE PRESERVE DE 70 HA

REPOSOIR SUR DUNE

REHABILITATION DES VASIERES

ILOTS REPOSOIRS & PLAGE A VOCATION ECOLOGIQUE

SUIVI SCIENTIFIQUE ET FORMATIONS ENVIRONNEMENTALES

PÊCHE ET RESSOURCES HALIEUTIQUES



27. 05. 05

REPOSOIR SUR DUNE



31. janvier 02



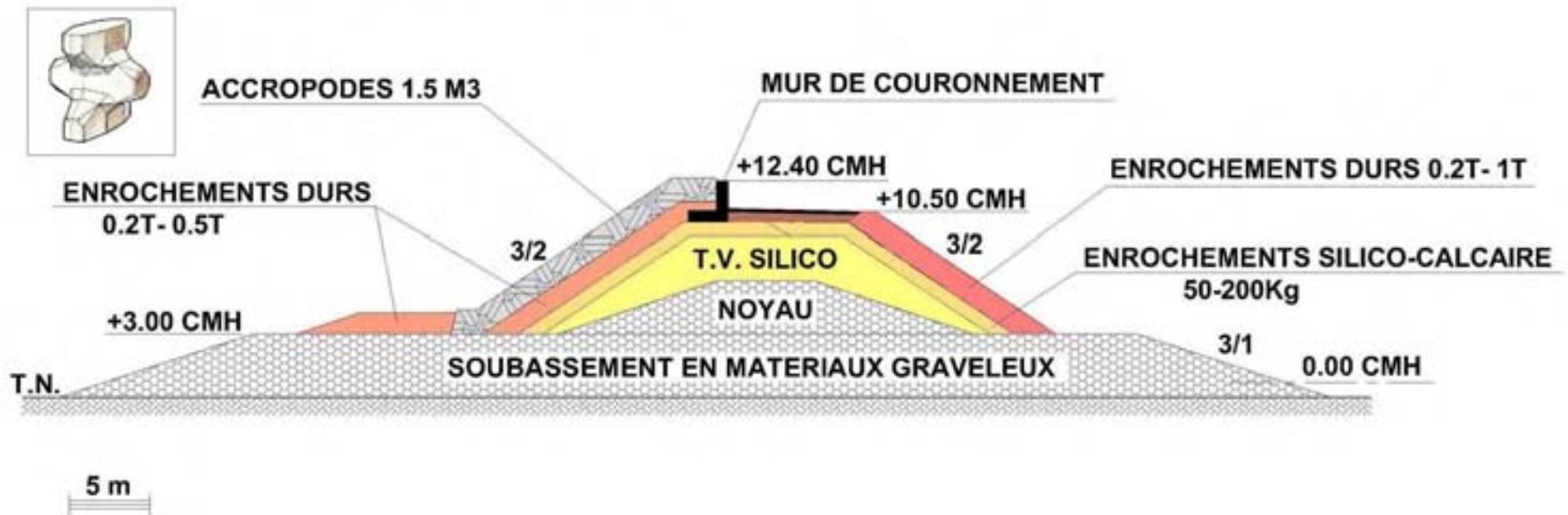
22 AVRIL 2005

PORT 2000 LES TRAVAUX PORTUAIRES



Coupe Type des digues

DIGUE SUD TYPE A





25.08.03



19.01.04



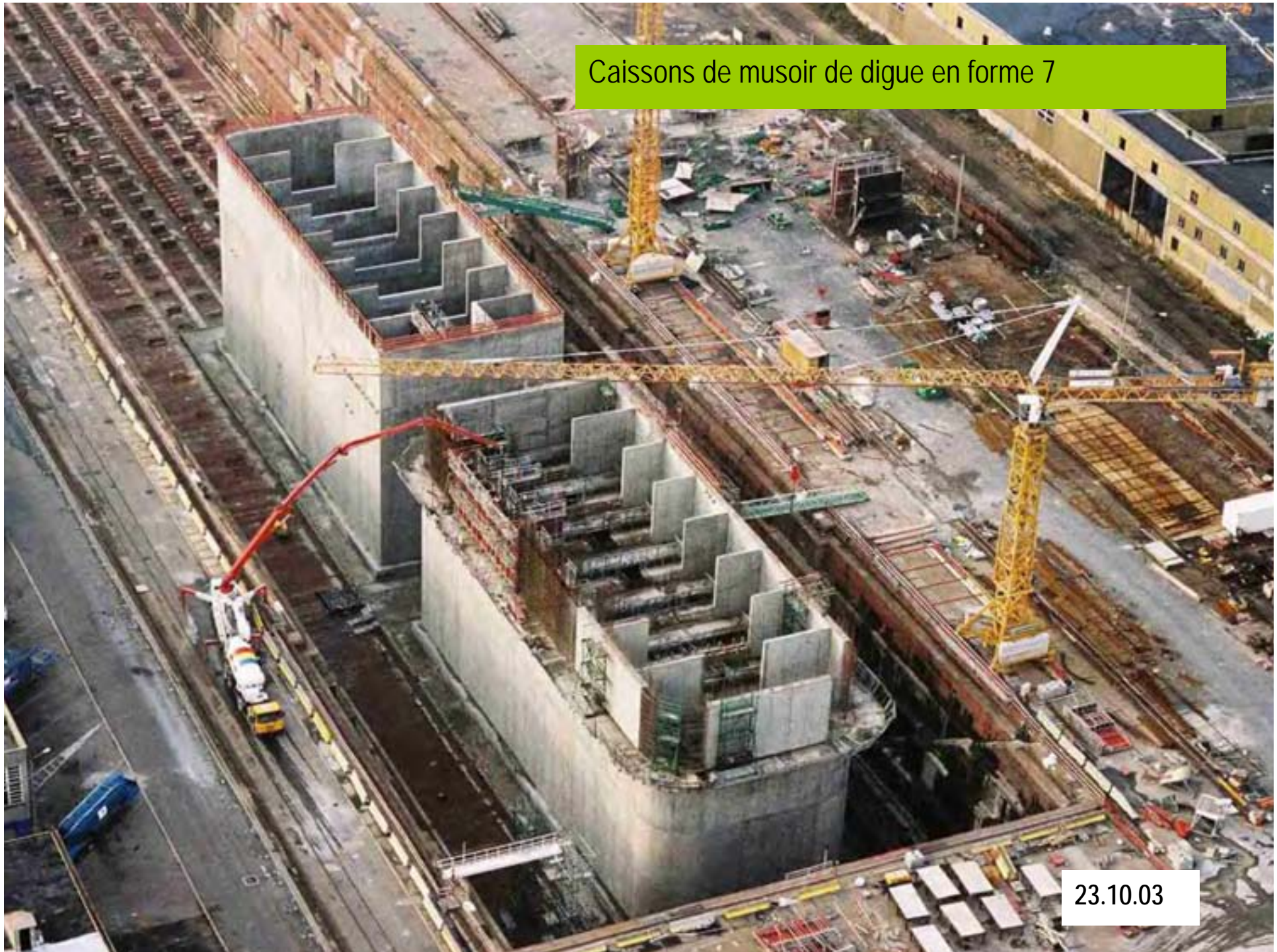
2.03.04





25.06.03

Caissons de musoir de digue en forme 7



23.10.03

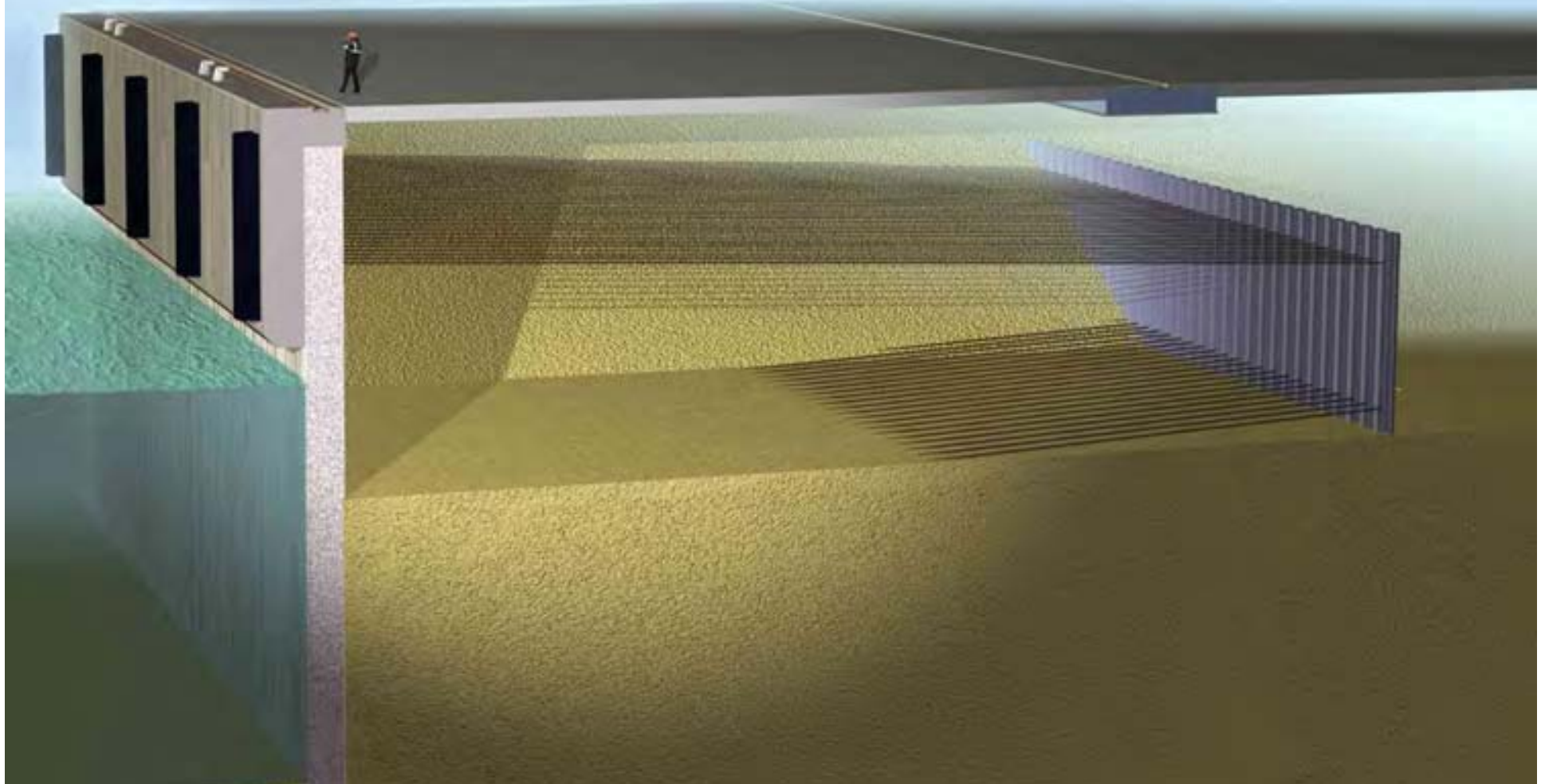


17 Mai 2004



6 OCTOBRE 2004

Principe de réalisation du quai









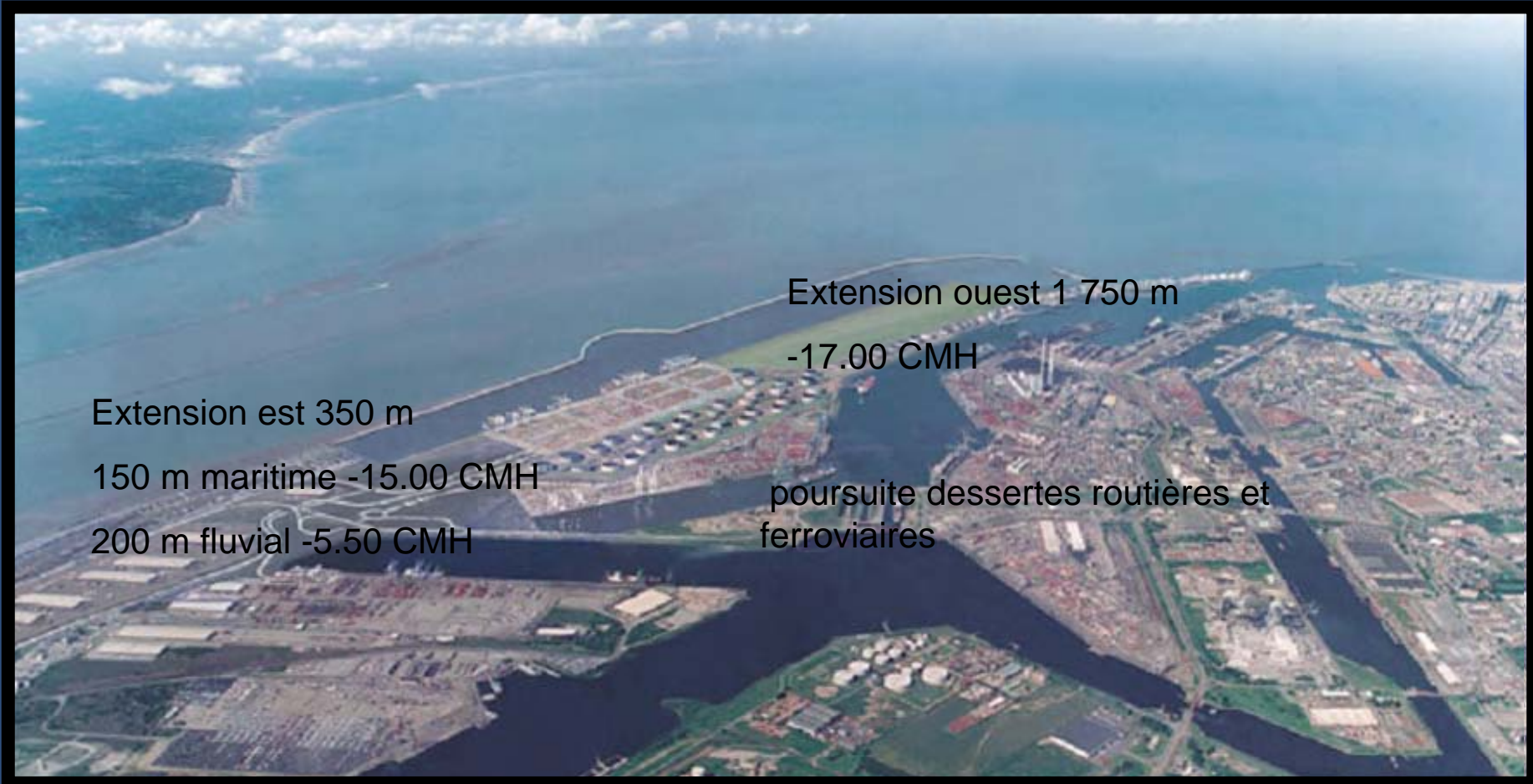
Front d'accostage
depuis le fond de fouille
à la cote +1m CMH



6 OCTOBRE 2004



Phase 2 - 315 M€



Ecluse fluviale de Port 2000



LE PROLONGEMENT DU GRAND CANAL

Les principaux enjeux :

- **L'amélioration de la desserte fluviale**
- **Le développement de la zone industrialo-portuaire**
- **Le fonctionnement hydraulique de la réserve naturelle**

LE DOUBLEMENT DE L'ECLUSE FRANCOIS 1er



Les objectifs recherchés :

- mieux valoriser les terrains portuaires amont
- sécuriser l'accès maritime de la partie amont
- accroître les capacités d'accueil (taille et nombre de navires)

REFONTE DU PORT ANCIEN



Les objectifs recherchés :

- revitaliser les zones inadaptées
- préparer l'après PORT 2000
- permettre la poursuite de développement portuaire



Merci de votre attention
www.havre-port.fr

LES BETONS EN SITE MARITIME

Spécificités des bétons
Point de vue du maître d'œuvre

Le Havre, le 15 septembre 2009

Christian BENARD

PORT 2000 - 2ème Phase

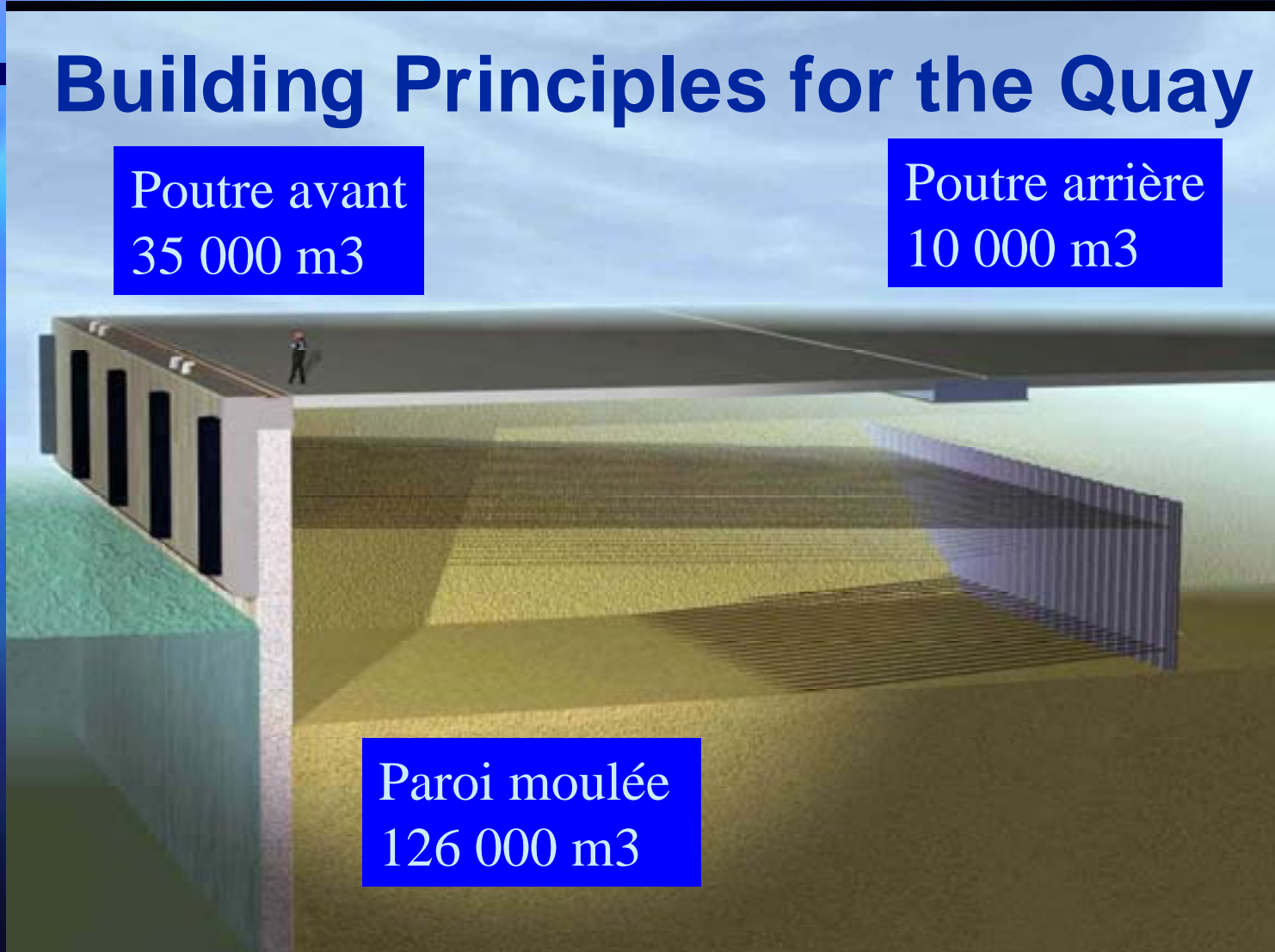
Construction de six postes à quai
Parties d'ouvrage en béton

Building Principles for the Quay

Poutre avant
35 000 m³

Poutre arrière
10 000 m³

Paroi moulée
126 000 m³



Coupe du quai
Paroi et couronnement



Prescriptions du marché

■ Références

- Fascicule 65 A du CCTG Article 71
(devenu Fascicule 65 article 81)
- Norme NF EN 206-1
- Le CCTP précise qu'en cas de dispositions différentes entre la norme et le fascicule il sera fait application des stipulations les plus restrictives

■ Béton de propreté

- pas de résistance imposée
- dosage en ciment 250 kg/m³

Prescriptions du marché

- Caractéristiques du béton
- Ciment CEM III/A 42.5 ou CEM I 52.5
 - Le ciment doit disposer du classement PM ES
 - Classes de résistance
 - C 30/37 pour la paroi moulée
 - C 40/50 pour les superstructures
 - Classe d'exposition XS3 (Zones de marnage, zones soumises à des projections ou aux embruns)
Pour la paroi, seule la résistance caractéristique déroge à cette classe.
 - Dosages en ciment
 - Paroi moulée 400 kg/m³
 - Superstructures 350 kg/m³

Prescriptions du marché

■ Caractéristiques du béton (suite)

– Rapport eau / ciment

- $E/C + kA < 0.45$ pour la paroi
- $E/C + kA < 0.40$ pour les superstructures

– Enrobages

- 7 cm pour la paroi
- 5 cm pour les superstructures

■ Armatures

- Référence à l'article 61 du fascicule 65 A
- Certification AFCAD FeE 500-2 ou FeE500-3

■ Granulats

- Référence à la norme XPP 18-545

Comparaison Marché Norme

■ Marché Port 2000

- dosage ciment 350 kg/m³
- eau/ciment 0.40
- résistance C40/50

■ Norme NF EN 206-1

- Classe XS3
- 340 kg/m³
- 0.45
- C 35/45

PORT 2000 Construction de 6 postes

■ Formule de béton de paroi (1m³)

- Ciment CEM III/A 42.5 400 kg
 - Granulat 10/20 670 kg
 - Granulat 4/10 230 kg
 - Sable 0/4 800 kg
 - Optima 100 3.2 kg
 - Eau efficace 175 l
-
- $E/C = 0.44$
 - Consistance requise 20 cm
 - Maintien de rhéologie 6 heures

Coulage de la paroi moulée
360 m³ en 5/6 heures



Béton d'études

- Formules dérivées testées
 - Formule nominale
 - +/- 10 litres d'eau
 - +/- 15 kg de ciment
 - +/- 10 % du rapport $S/(S+G)$
 - +/- 0.7 % de l'adjuvant

Résultats des formules dérivées Béton de paroi

4.2 - CIMENT

La mesure de la résistance vraie à 28 jours du ciment a été effectuée sur prismes 4 x 4 x 16 cm confectionnés avec du sable CEN suivant le mode opératoire et les prescriptions de la norme EN 196-1 d'avril 2006.

La résistance vraie C_c exprimée par la moyenne des résultats individuels des six demi-prismes est la suivante :

$$C_c = 51,9 \text{ MPa}$$

V - SYNTHÈSE

Le tableau ci-après résume les principaux résultats :

Formule	Affaissement (cm)							Rc (MPa)	
	t_0	t_{+2H}	t_{+2H}	t_{+2H}	t_{+4H}	t_{+5H}	t_{+6H}	7 J	28 J
Nominale	212	207	195	190	187	175	140	31,1	50,0
+ 10 litres d'eau	230	230	217	210	207	200	195	x	47,2
- 10 litres d'eau	183	180	175	165	150	145	107	x	55,2
+ 15 kg de ciment	192	187	175	173	170	163	156	x	52,1
- 15 kg de ciment	217	215	207	205	202	190	185	x	49,4
S/(S+G) + 10 %	200	192	185	180	167	152	145	x	48,5
S/(S+G) - 10 %	210	207	202	200	192	185	180	x	53,1
Adjuvant + 0,1 %	220	210	198	190	187	179	177	x	51,0
Adjuvant - 0,1 %	195	190	187	172	160	156	125	x	51,4
minimum	183	180	175	165	150	145	107		47,2
maximum	230	230	217	210	207	200	195		55,2

Béton d'étude de paroi

Interprétation des résultats

VI - INTERPRÉTATION

6.1 - ALCALI-RÉACTION

Les Recommandations pour la prévention des désordres dûs à l'alcali réaction (publication LCPC 1994) précisent qu'une formule de béton convient à l'emploi de granulats potentiellement réactifs si le ciment de type CHF contient plus de 60 % de laitier et si sa teneur en alcalins totaux, exprimée en $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$, est inférieure à 1,1 % en masse.

Les caractéristiques du ciment employé (voir ci-avant paragraphe 1.2) permettent l'emploi de granulats réactifs.

6.2 - CONDITIONS DE CONFORMITÉ

La conformité est jugée par rapport au fascicule 65A du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, article 75.2 - B du fascicule spécial 2000-3 complété par l'article 14.1 du fascicule spécial 2000-4.

L'épreuve est probante si le résultat f_{CE} de l'essai de compression satisfait les trois conditions ci-après :

$$f_{\text{CE}} \geq f_{\text{C28}} + \lambda (C_{\text{E}} - C_{\text{min}}) \quad \text{condition 1}$$

$$f_{\text{CE}} \geq 1,1 f_{\text{C28}} \quad \text{condition 2}$$

$$0,85 f_{\text{CE}} \leq f'_{\text{ca}} \leq 1,15 f_{\text{CE}} \quad \text{condition 3}$$

- avec
- f_{C28} = Résistance caractéristique spécifiée
 - f_{CE} = Résistance à la compression à 28 j de la gâchée nominale
 - λ = Coefficient pris égal à 1
 - C_{E} = Résistance vraie du ciment à 28 j
 - C_{min} = Résistance minimale du ciment à 28 j (autocontrôle sur 1 an)
 - f'_{ca} = Résistance à la compression à 28 j des formules dérivées

Béton d'étude de paroi

Résultats de l'étude

Les valeurs de référence et celles obtenues lors des essais sont rappelées ci-après :

f_{CE}	50,0 MPa
C_E	51,9 MPa
C_{min}	49,2 MPa
$0,85 f_{CE}$	42,5 MPa
$1,15 f_{CE}$	57,5 MPa

La résistance caractéristique spécifiée est la suivante :

$$f_{c28} = 30 \text{ MPa}$$

L'application des critères de réception aux résultats obtenus conduit aux conclusions

ci-après :

✓ condition 1	$50,0 \geq 30 + 1 (51,9 - 49,2)$	Vérifié
✓ condition 2	$50,0 \geq 1,1 \cdot 30$	Vérifié
✓ condition 3	$42,5 \geq 47,2$ (min de f_{ck})	Vérifié
	$57,5 \leq 57,2$ (max de f_{ck})	Vérifié

La formule ayant fait l'objet des bétons d'études est conforme aux spécifications

Coulage d'un corbeau de la poutre de couronnement



Coulage poutre arrière et couronnement



PORT 2000 Construction de 6 postes

■ Formule de béton de structure

- Ciment CEM I 52.5 365 kg
 - Granulat 10/20 605 kg
 - Granulat 4/10 390 kg
 - Sable 0/4 835 kg
 - Optima 200 2.9 kg
 - Eau efficace 146 l
-
- $E/C = 0.4$
 - Consistance requise 10/15 cm
 - Maintien de rhéologie 1.5 heures

Béton d'étude de structure

■ Résultat des études

L'épreuve est probante si le résultat f_{CE} de l'essai de compression satisfait les trois conditions ci-après :

$$f_{CE} \geq f_{C28} + \lambda (C_E - C_{min})$$

condition 1

$$f_{CE} \geq 1,1 f_{C28}$$

condition 2

$$0,85 f_{CE} \leq f_{eq} \leq 1,15 f_{CE}$$

condition 3

avec	f_{C28}	=	Résistance caractéristique spécifiée
	f_{CE}	=	Résistance à la compression à 28 j de la gâchée nominale
	λ	=	Coefficient pris égal à 1
	C_E	=	Résistance vraie du ciment à 28 j
	C_{min}	=	Résistance minimale du ciment à 28 j (autocontrôle sur 1 an)
	f_{eq}	=	Résistance à la compression à 28 j des formules dérivées

Les valeurs de référence et celles obtenues lors des essais sont rappelées ci-après :

f_{CE} (MPa)	51,2
C_E (MPa)	60,1
C_{min} (MPa)	58,6
$0,85 f_{CE}$ (MPa)	43,5
$1,15 f_{CE}$ (MPa)	58,9
E/C	0,40

La résistance caractéristique spécifiée est la suivante :

$$f_{C28} = 40 \text{ MPa (cylindres)}$$

L'application des critères de réception aux résultats obtenus conduit aux conclusions ci-après :

✓ condition 1	$51,2 \geq 40 + 1 (60,1 - 58,6)$	Vérfié
✓ condition 2	$51,2 \geq 1,1 \cdot 40$	Vérfié
✓ condition 3	$43,5 \leq 45,1$ (min de f_{eq})	Vérfié
	$58,9 \geq 55,7$ (max de f_{eq})	Vérfié

La formule ayant fait l'objet des bétons d'études est conforme aux spécifications.

Convenance des bétons de paroi

■ Procédure

- Les deux centrales de chantier ont été testées
- Mesures des teneurs en eau des agrégats
- Trois gâchées sont effectuées avec mesure de slump et confection de 6 éprouvettes sur chacune d'elles (Rc à 7 et 28 j)
- Les 3 gâchées sont mélangées et transportées sur le site
 - à t + 90', 9 éprouvettes sont prélevées (3 à 7 j et 6 à 28 j)
 - le suivi de la rhéologie est fait sur 6 h
- Le respect des tolérances de pesées est vérifié

■ Vérification de la conformité au Fascicule 65 A

- $F_{ce} > 1.1 * f_{c28} = 33 \text{ MPa}$
- $F_{ce} > f_{c28} + k (CE - C_{min}) = 38.1 \text{ MPa}$

■ Moyenne des écrasements à 28 j : 54 MPa

Contrôle des bétons

Paroi : 2 fois 9 éprouvettes par panneau

Superstructure : 9 éprouvettes tous les 100 m³



Résultats des écrasements

Plots	7 Jours	14 Jours	28 Jours	90 Jours
1	40,4 MPa	X	53,9 MPa	X
2	40,3 MPa	X	54,0 MPa	X
3	41,8 MPa	X	53,8 MPa	X
4	41,3 MPa	X	54,2 MPa	X
5	40,2 MPa	X	54,1 MPa	X
6	40,5 MPa	X	54,0 MPa	X
7	40,3 MPa	X	54,0 MPa	56,9 MPa
8	40,3 MPa	X	54,0 MPa	X
9	40,4 MPa	X	53,8 MPa	X
10	40,1 MPa	X	54,0 MPa	X
11	40,4 MPa	X	53,8 MPa	X
12	39,8 MPa	X	53,2 MPa	X
13	40,4 MPa	X	53,1 MPa	56,5 MPa
14	40,6 MPa	X	54,2 MPa	X
15	40,3 MPa	X	53,9 MPa	X
16	40,6 MPa	X	54,1 MPa	X
17	41,7 MPa	X	53,8 MPa	57,2 MPa
18	40,4 MPa	X	53,9 MPa	X
19	41,2 MPa	X	54,2 MPa	X
20	40,6 MPa	X	53,9 MPa	X
21	40,7 MPa	X	53,8 MPa	X
22	40,8 MPa	X	53,9 MPa	X
23	40,5 MPa	X	54,0 MPa	X
24	40,4 MPa	X	53,4 MPa	X
25	41,1 MPa	X	53,7 MPa	X
26	41,2 MPa	X	53,8 MPa	X
27	40,4 MPa	X	54,1 MPa	X
Moyenne	40,6 MPa		53,9 MPa	56,9 MPa
Ecart Type	0,5		0,3	0,4
Min	39,8 MPa		53,1 MPa	56,5 MPa
		f_{c28}	40,0 Mpa	

Structure

Les résultats vérifient les relations suivantes :

$$\bar{f}_c \geq f_{c28} + k_1 = 43 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} \geq f_{c28} - k_2 = 37 \text{ MPa}$$

(cf fascicule 65A)

Les résultats sont conformes à la résistance caractéristique requise

Panneau	7 Jours	14 Jours	28 Jours	90 Jours
1001	34,2 MPa	X	50,9 MPa	X
1002	36,0 MPa	X	51,0 MPa	X
1003	33,5 MPa	X	51,8 MPa	X
1004	35,1 MPa	X	50,8 MPa	X
1005	34,8 MPa	X	50,6 MPa	X
1006	36,2 MPa	X	51,0 MPa	X
1007	32,4 MPa	X	43,6 MPa	X
1008	32,6 MPa	X	51,3 MPa	54,1 MPa
1009	38,1 MPa	X	52,0 MPa	X
1010	33,7 MPa	X	51,3 MPa	54,1 MPa
1011	35,9 MPa	X	50,9 MPa	X
1012	34,4 MPa	X	49,7 MPa	52,5 MPa
1013	38,4 MPa	X	51,7 MPa	X
1014	35,9 MPa	X	51,9 MPa	X
1015	34,8 MPa	X	51,1 MPa	X
1016	36,2 MPa	X	50,4 MPa	X
1017	37,5 MPa	X	52,1 MPa	X
1018	36,6 MPa	X	50,9 MPa	X
1019	36,9 MPa	X	51,2 MPa	X
1020	36,8 MPa	X	50,5 MPa	52,9 MPa
1021	33,5 MPa	X	52,0 MPa	X
1022	34,0 MPa	X	50,2 MPa	X
1023	36,3 MPa	X	50,7 MPa	X
1024	34,9 MPa	X	51,7 MPa	X
1025	38,0 MPa	X	49,8 MPa	55,0 MPa
1026	35,1 MPa	X	50,7 MPa	X
1027	33,3 MPa	X	51,7 MPa	X
1028	33,6 MPa	X	52,2 MPa	X
1029	36,9 MPa	X	52,4 MPa	X
1030	35,9 MPa	X	50,5 MPa	54,0 MPa
1031	33,7 MPa	X	51,5 MPa	X
1032	33,1 MPa	X	49,6 MPa	X
1033	33,3 MPa	X	51,5 MPa	X
1034	35,6 MPa	X	51,4 MPa	X
1035	30,1 MPa	X	50,3 MPa	53,5 MPa
1036	33,6 MPa	X	52,1 MPa	X
1037	36,4 MPa	X	49,7 MPa	52,7 MPa
1038	26,8 MPa	X	50,0 MPa	X
1039	27,2 MPa	X	51,3 MPa	X
1040	35,4 MPa	X	51,9 MPa	X
1041	37,7 MPa	X	51,4 MPa	X
1042	32,3 MPa	X	53,8 MPa	X
1043	27,5 MPa	X	49,2 MPa	X
1044	34,7 MPa	X	51,5 MPa	X
1045	38,1 MPa	X	49,5 MPa	X
1046	36,2 MPa	X	50,8 MPa	X
1047	34,0 MPa	X	50,9 MPa	X
1048	39,6 MPa	X	52,7 MPa	X
1049	33,7 MPa	X	49,7 MPa	X
1050	31,0 MPa	X	48,3 MPa	X
1051	32,3 MPa	X	50,9 MPa	X
1052	33,2 MPa	X	50,8 MPa	X
1053	37,6 MPa	X	51,0 MPa	X
Moyenne	34,3 MPa		50,9 MPa	53,6 MPa
Ecart Type	2,3		1,4	0,9
Min	26,8 MPa		43,6 MPa	52,5 MPa
		f_{c28}	30,0 Mpa	

Paroi

Les résultats vérifient les relations suivantes :

$$\bar{f}_c \geq f_{c28} + k_1 = 33 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} \geq f_{c28} - k_2 = 27 \text{ MPa}$$

(cf fascicule 65A)

Les résultats sont conformes à la résistance caractéristique requise

■ MERCI DE VOTRE ATTENTION

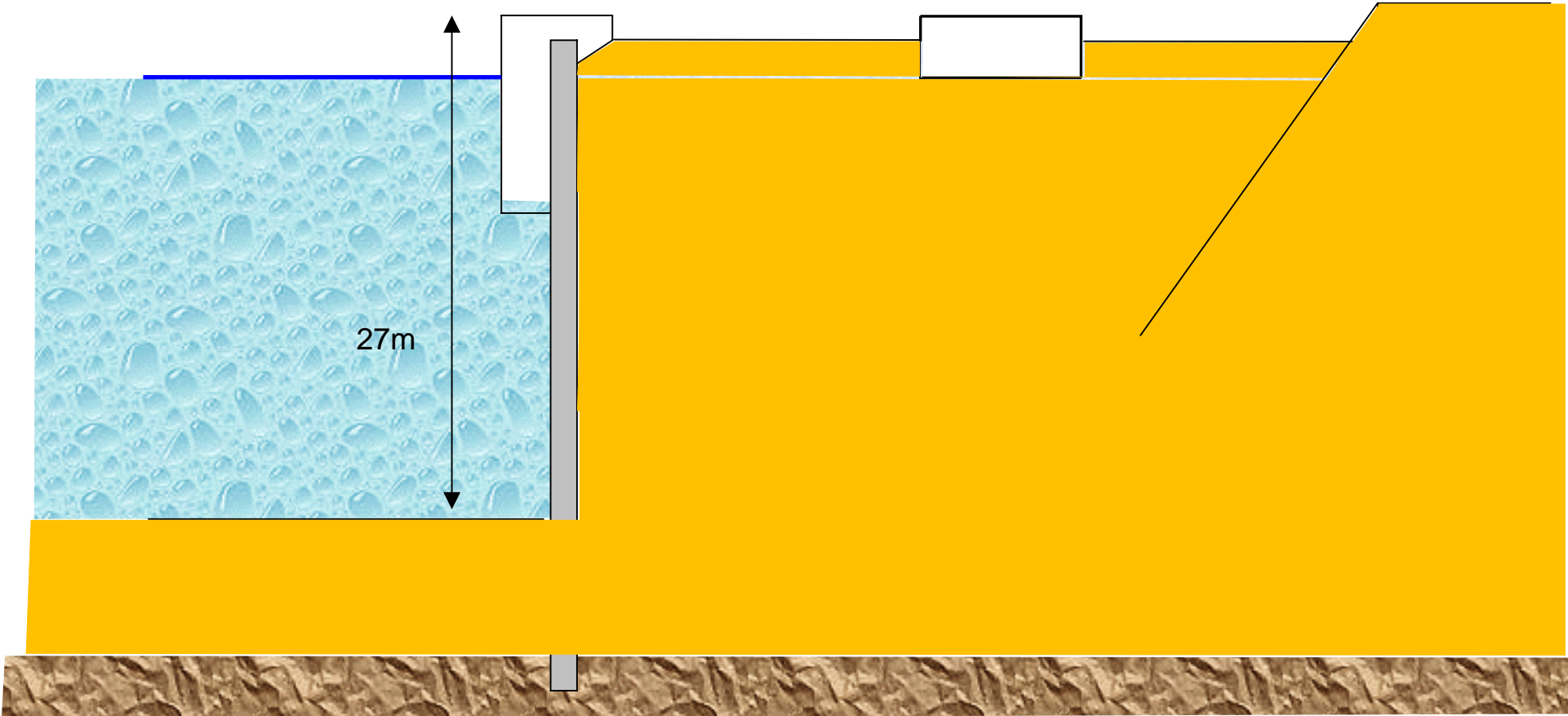


**JOURNEE TECHNIQUE – LES BETONS EN SITE MARITIME
SOLETANCHE BACHY
LE HAVRE PORT 2000 - 2^{ème} PHASE**

VUE D'ENSEMBLE DU PROJET PORT 2000



COUPE DE PRINCIPE – LE HAVRE PORT 2000



PORT 2000 – 2^{ème} PHASE GROUPEMENT D'ENTREPRISES POUR 2100 ml de QUAL:

➤ SOLETANCHE BACHY – MANDATAIRE :

- 📄 Fondations : paroi moulée ep 1500mm (Postes 6/7/8/9/10), ep 1200mm (poste 5), paroi au coulis – profondeur env. 42m
- 📄 Rabattement,
- 📄 Terrassements en avant et arrière du quai
- 📄 Génie civil : poutre de couronnement, masque d'accostage, voie arrière
- 📄 Palplanches et tirants
- 📄 Appareaux et finitions

➤ ATLANTIQUE DRAGAGES :

- 📄 Dragages à -17.00 CMH (Postes 6/7/8/9/10), -15.50 CMH (poste 5)
 - 📄 Refoulement dans les casiers Ouest et Sud D1
 - 📄 Dépôt à Octeville

LES BETONS A METTRE EN OEUVRE:

➤ LES QUANTITES :

- 🖼 Béton de paroi moulée : 130 000 m³
- 🖼 Béton de génie civil : 43 000 m³
- 🖼 Béton d'ouvrages provisoires (murettes guides, dalles, béton de propreté) : 5000 m³

➤ LES AVANTAGES DE LA FABRICATION SUR SITE :

- 🖼 Coûts
- 🖼 Maîtrise des horaires de bétonnage
- 🖼 Maîtrise des cadences de bétonnage
- 🖼 Maîtrise de la qualité en fonction des besoins

LES CENTRALES A BETON :

📄 Achat de 2 centrales mobiles MASTER 4000 de la marque Couvrot avec malaxeur planétaire de 2,66 m³

Les centrales sont livrées précablées et avec automate intégré

Période d'installation : 1 mois entre l'arrivée sur site et la fin des essais

📄 Capacité maximale par centrale : 80 m³/h avec 55 sec de malaxage, nous somme notre propre centrale de secours



LOGISTIQUE :

➤ CADENCES ET STOCKAGES :

1- Cadences effectuées en 2008 : 800 à 1300 m³/jour, 24h/24, 7j/7

- 21 bananes de ciment
- 90 semi-remorque de granulats

2- D'où les capacités de stockage nécessaires :

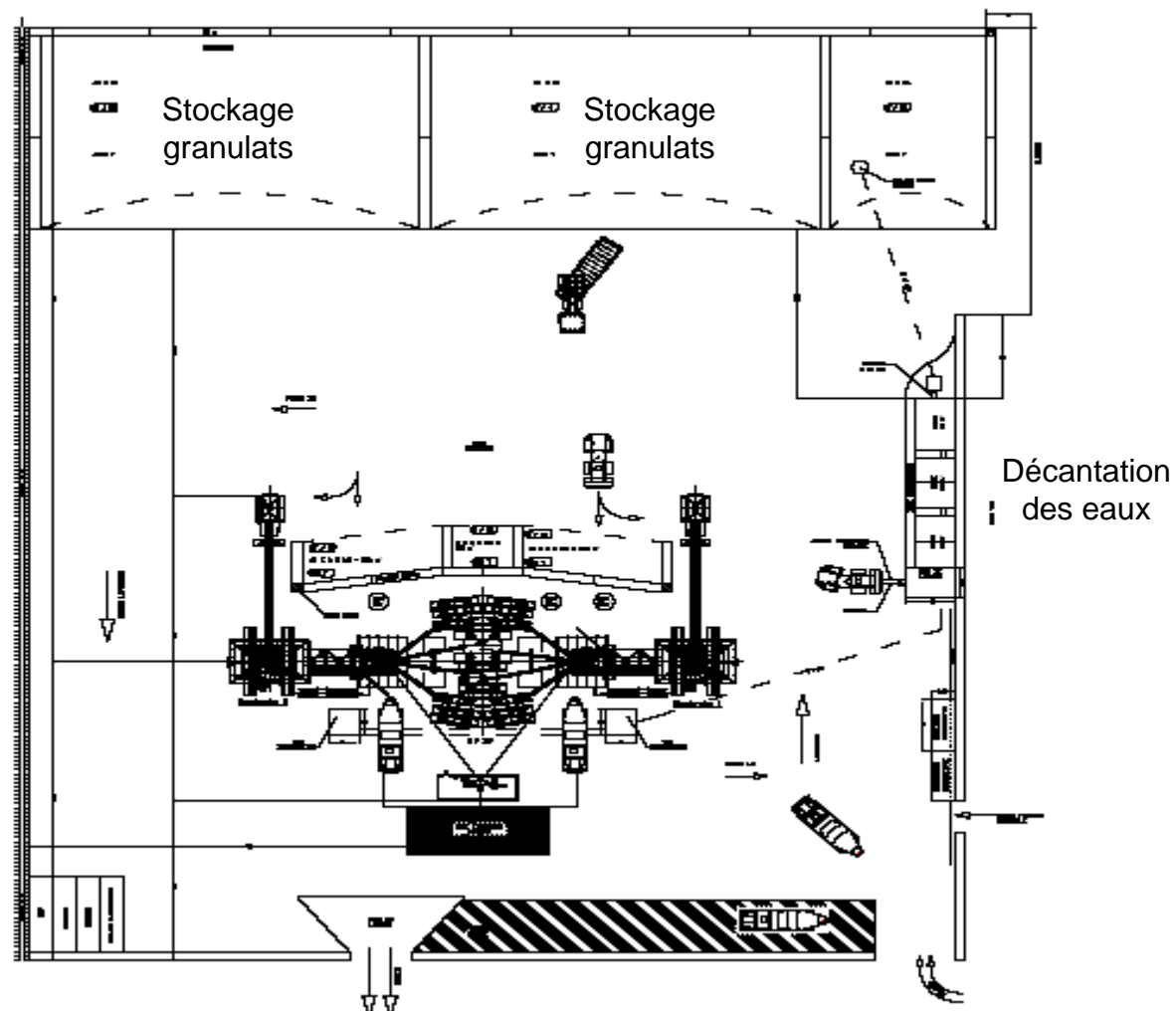
- Le ciment : 520 Tonnes
- Les granulats : environ 1 500 Tonnes
- Eau : 120 m³
- Les adjuvants : 40 000 litres

Les quantités hebdomadaires nécessaires correspondaient aux capacités maximale des 2 fournisseurs locaux de granulats. Une carence en granulats 10/20 en aout 2008 à conduit à approvisionner des granulats de mêmes caractéristiques depuis Dieppe pendant environ 1 semaine.

➤ TRANSPORT DU BETON :

Location des toupies à un spécialiste des grands projets : 7 toupies de 8m³ + 1 en stand-by en période de pointe

LES INSTALLATIONS :



ESSAIS, FABRICATION ET CONTRÔLES :

➔ LES EPREUVES D'ETUDES ET CONVENANCES :

- Des epreuves d'études ont été menées selon le fascicule 65A pour 4 formulations (2 pour la paroi moulée, 2 pour le génie civil)
 - Réalisées par APC
- Les 4 formules ont été testées lors d'épreuves de convenance (avec contrôle de la maniabilité pendant 6 heures pour le béton de paroi moulée)

➔ LA FABRICATION :

- Contrôles journaliers des teneurs en eau pour vérifier la sonde automatique de la centrale
- chaque formule est lancée par l'automate qui fait la correction automatique de la quantité d'eau
- les pesées sont imprimées sur le bon de livraison

➔ LES CONTRÔLES :

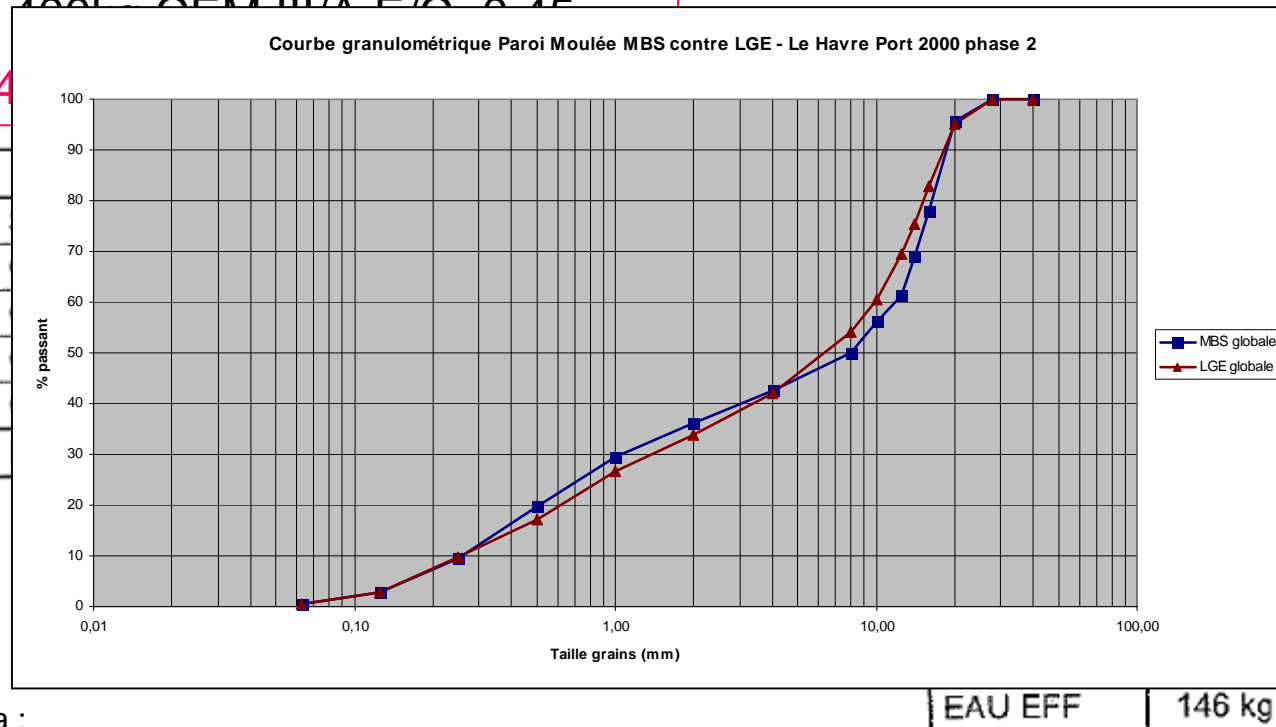
- Contrôle de la plasticité par wattmètre au pupitre à chaque gâchée et par une mesure de l'affaissement au cône d'Abrahms sur chaque toupie
- confection de 18 éprouvettes (11x22) par panneau de paroi moulée ou plot de génie civil
- Echantillons conservatoires sur les fournitures, vérification des autocontrôles fournisseurs

LES FORMULES :

Béton de paroi moulée (granulats LGE)

C30/40

S4



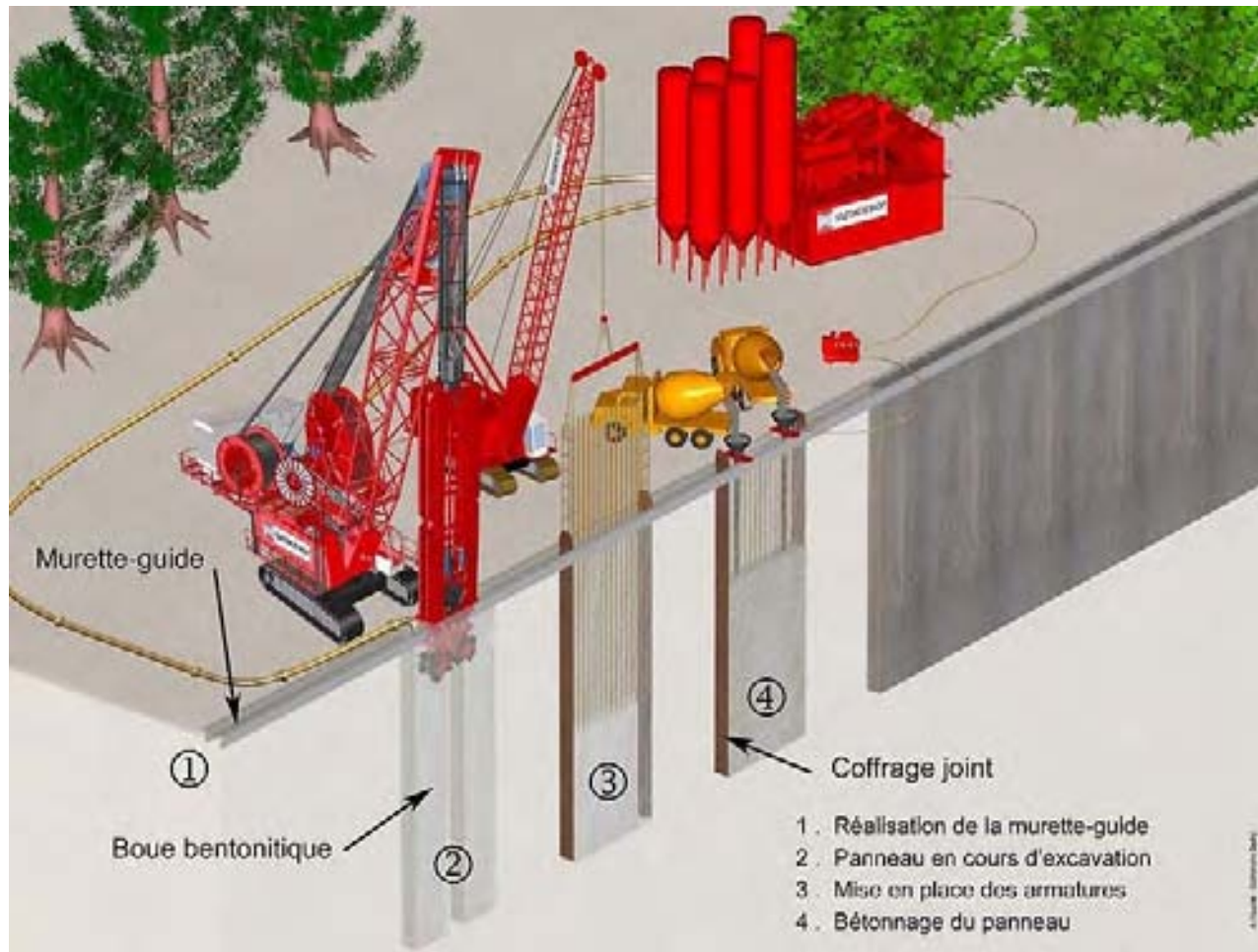
ts LGE)
<0.40
à 18h

Nota :

-2 autres formules ont été mise au point avec un autre fournisseur de granulats

-pour des températures inférieures à +5°C, le dosage en adjuvant était baissé de 0,1% de poids de ciment

MISE EN ŒUVRE DU BETON DE PAROI MOULEE



Le HAVRE Port
2000 :

1 panneau =
400m³ env

Profondeur 42m

MISE EN ŒUVRE DU BETON DE PAROI MOULEE

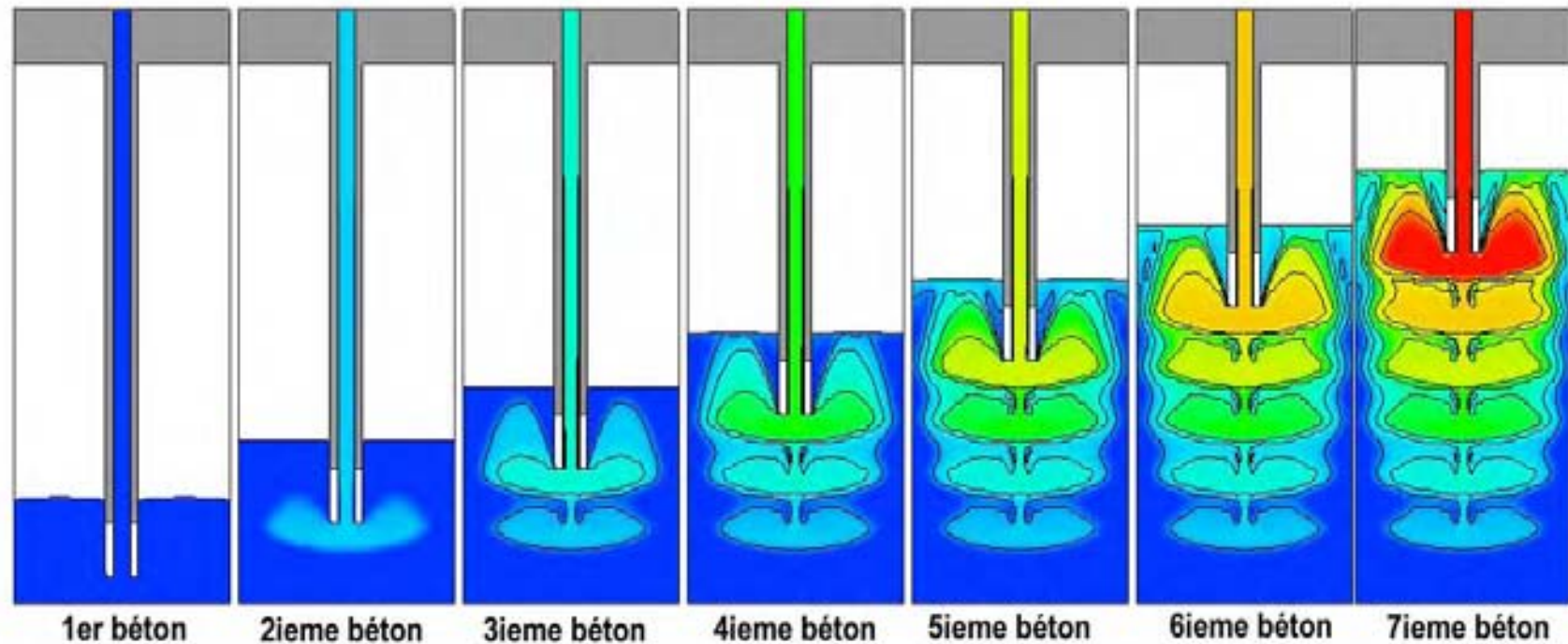


Positionnement des cages d'armature




Bétonnage d'un panneau

MISE EN ŒUVRE DU BETON DE PAROI MOULEE




Importance de la rhéologie pour les bétons de paroi moulée

BETONNAGE DU GENIE CIVIL

 Masque et poutre de couronnement : 1 plot = 200 m³ bétonnés à la pompe



Vue lot A – exécution du génie civil voie avant

 Voie arrière : 1 plot courant = 180 m³ env, bétonné à la goulotte



Vue lot A – exécution du génie civil voie arrière

ASPECT DE LA PAROI MOULEE & pose des tirants

Ce que vous ne verrez pas ...



15